

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Studijní program: 3106T005

Studijní obor: Oděvní technologie

Fyziologické vlastnosti moderních materiálu pro sportovní účely

Physiological characteristics of modern materials for sport purposes

KOD-723

Kateřina Šínová

Vedoucí práce: Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

Konzultant:

Rozsah práce: 79 stran práce a 91 stran přílohy

Počet obrázků: 25

Počet grafů: 16

Počet grafů v příloze: 14

Počet tabulek: 16

Počet tabulek v příloze: 115

Počet příloh: 10

15. května 2006

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury pod vedením vedoucího a konzultanta. Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména §60 (školní dílo) a §35 (o nevýdělečném užití díla k vnitřní potřebě školy).

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **souhlasím** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užití své diplomové práce či poskytnutí licence k jejímu užití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do její skutečné výše).

V Liberci, dne 15.5.2006

.....

Bc. Kateřina Šínová

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucímu mé diplomové práce, Doc. Ing. Antonínu Havelkovi, CSc. za vynaloženou energii, cenné rady, připomínky a poskytnutý materiál Polartec. Také bych chtěla poděkovat Ing. Miroslavě Jínové za odbornou pomoc a konzultaci při měření. Bez jejich odborné pomoci, věnovaného času a odpovědí na mé otázky by tato práce nemohla být realizována.

Dále mé poděkování patří firmě Jitex a.s., Písek za poskytnutou funkční pleteninu Body Comfort, firmě VÝVOJ, oděvní družstvo v Třešti za zprostředkování materiálu GoreTex, firmě Direct Alpine s.r.o. za poskytnutý materiály Toray, dále firmě Mgr. Petr Barták – Consulting za poskytnutí materiálu SympaTex a Polymax.

V neposlední řadě patří poděkování mým rodičům a prarodičům za jejich finanční a psychickou podporu při studiu.

RESUMÉ

Tématem této Diplomové práce jsou Fyziologické vlastnosti moderních materiálu pro sportovní účely. Cílem této práce je zaměřit se na vlastnosti moderních materiálu s funkční membránou na našem trhu. V první části této diplomové práce jsou popsány fyziologické vlastnosti bariérových textilií, dále se zabývá oděvním komfortem, technologií úprav vrchového materiálu a měřicími přístroji. Experimentální část je zaměřena na popis postupu zkoušení na jednotlivých přístrojích, vyhodnocením, grafickým znázorněním výsledků a výpočtem propustnosti vodních par v závislosti na rozdílech parciálních tlaků.

Klíčová slova: propustnost vodních par, tepelná odolnost, parciální tlak, prodyšnost, fyziologické vlastnosti.

ABSTRACT

The subject of this dissertation is “Physiological characteristics of modern materials for sport purposes”. The goal of this dissertation is to focus on the properties of modern materials with the functional membrane on Czech market. The first part of this dissertation describes the physiological properties of materials with membrane, the comfort of apparels, the technology of modification of materials and the measurement instruments. Experimental part of this dissertation is focused on description of the procedure of measurement, on the evaluation, on graphical demonstration of results and on the calculation of permeability of steam in dependence on partial pressure change.

Key words: water vapour permeability, heat protector, partial pressure, air permeability, physiological characteristics.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	5
1 ÚVOD.....	6
2 TEORETICKÁ ČÁST	7
2.1 ODĚVNÍ KOMFORT	7
2.1.1 PSYCHOLOGICKÝ KOMFORT	7
2.1.2 SENZORICKÝ KOMFORT	7
2.1.3 FYZIOLOGICKÝ KOMFORT	8
2.1.3.1 Hodnocení fyziologického komfortu	10
2.2 TERMOREGULACE.....	12
2.2.1 PŘENOS TEPLA MEZI ČLOVĚKEM A OKOLÍM	13
2.2.2 ODVOD KAPALNÉ VLHKOSTI Z POVRCHU LIDSKÉHO TĚLA.....	16
2.3 VYBRANÉ UŽITNÉ VLASTNOSTI TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ.....	19
2.3.1 PROPUSTNOSTI TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ (FYZIOLOGICKÉ VLASTNOSTI)	19
2.3.2 PRODYŠNOST TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ	20
2.3.3 TEPELNĚ IZOLAČNÍ VLASTNOSTI TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ	21
2.4 VLASTNOSTI VYBRANÝCH VLÁKEN.....	22
2.5 MATERIÁLY	23
2.5.1 FUNKČNÍ VRSTVY	24
2.5.1.1 Vrstva první odvádějící pot.....	24
2.5.1.2 Vrstva druhá izolační	26
2.5.1.3 Vrstva třetí ochranná proti vlivům počasí.....	27
2.5.1.4 Rozdělení materiálů třetí vrstvy podle pronikání vody.....	28
2.5.1.5 Rozdělení materiálů třetí vrstvy podle technologie úprav a výroby	28
2.5.2 MEMBRÁNA	30
2.5.2.1 Mikroporézní.....	30
2.5.2.2 Hydrofilní.....	31
2.5.2.3 Způsoby laminace membrány	33
2.6 MĚŘICÍ PŘÍSTROJE	36
2.6.1 PŘÍSTROJ NA MĚŘENÍ PRODYŠNOSTI VZDUCHU SDL M021S	36
2.6.2 PŘÍSTROJ NA MĚŘENÍ TEPELNÉ ODOLNOSTI A ODOLNOSTI VODNÍCH PAR SKIN MODEL.....	36
2.6.3 PŘÍSTROJ NA MĚŘENÍ TEPELNÉ ODOLNOSTI TOGMETR	38

2.6.4 PŘÍSTROJ NA MĚŘENÍ PROPUSTNOSTI VODNÍCH PAR – PERMETEST	39
2.6.5 PŘÍSTROJ K MĚŘENÍ TERMOFYZIKÁLNÍCH VLASTNOSTÍ – ALAMBETA	40
2.6.6 DIGITÁLNÍ TLOUŠŤKOMĚR.....	43
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	44
3.1 POUŽITÉ DRUHY MATERIÁLŮ	44
3.2 POSTUPY MĚŘENÍ NA JEDNOTLIVÝCH PŘÍSTROJÍCH	49
3.2.1 POSTUP MĚŘENÍ PRODYŠNOSTI VZDUCHU NA PŘÍSTROJI SDL M021S	49
3.2.2 POSTUP MĚŘENÍ PROPUSTNOSTI VODNÍCH PAR NA PŘÍSTROJI PERMETEST	50
3.2.3 POSTUP MĚŘENÍ TEPELNÉ ODOLNOSTI NA PŘÍSTROJI TOGMETR	51
3.2.4 POSTUP MĚŘENÍ TEPELNÉ ODOLNOSTI A ODOLNOSTI VŮČI VODNÍM PARÁM NA PŘÍSTROJI SKIN MODEL.....	52
3.2.5 POSTUP MĚŘENÍ FYZIOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ NA PŘÍSTROJI ALAMBETA	53
3.3 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ	55
3.3.1 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PRODYŠNOSTI NA PŘÍSTROJI SDL M021S.....	55
3.3.2 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ TEPELNÉHO ODPORU NA PŘÍSTROJÍCH TOGMETR, SKIN MODEL A ALAMBETA.....	58
3.3.3 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ PROPUSTNOSTI VODNÍCH PAR NA PŘÍSTROJÍCH PERMETEST A SKIN MODEL.....	62
3.4 VÝPOČET REÁLNÝCH FYZIOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ BARIÉROVÝCH TEXTILÍ	64
4 ZÁVĚR	74
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	76
SEZNAM PŘÍLOH.....	78

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

apod.....	a podobně
obr.	obrázek
č.....	číslo
viz.	zhlédni
tzv.	takzvaně
atd.	a tak dále
tj.	to je
aj	a jiné
P_m	nasycený parciální tlak vodní páry na povrchu měřící hlavice [Pa]
P_a	parciální tlak vodní páry ve vzduchu při teplotě vzduchu [Pa]
p	relativní propustnost pro vodní páry [%]
R_{ct}	tepelný odpor zkoušeného vzorku [$m^2.K/W$]
R_{et}	výparný odpor zkoušeného vzorku [$m^2.K/W$]
φ	relativní vlhkost vzduchu [%]
t_a	teplota vzduchu proudícího kanálem podél měřící hlavice [$^{\circ}C$]
t_m	teplota povrchu měřící hlavice [$^{\circ}C$]
λ	měrná tepelná vodivost [$W/m.K$]
b	tepelná jímavost [$W.s^{1/2}/m^2.K$]
h	tloušťka materiálu [mm]
r	plošný odpor vedení tepla [$m^2.K/W$]
q	tepelný tok [Wm^2]
c	měrná tepelná kapacita [$J. kg^{-1}.K^{-1}$]
a	měrná teplotní vodivost [$m^2.s^{-1}$]
p	poměr maximálního a ustáleného toku
n	počet měření
\bar{x}	průměr
s	směrodatná odchylka
v	variační koeficient

1 ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá tématem Fyziologické vlastnosti moderních materiálu pro sportovní účely. Cílem této diplomové práce je zaměřit se na moderní funkční materiály s membránou na našem trhu. Hlavní předností funkčního oblečení je schopnost maximálního odvodu vlhkosti z povrchu těla, což vede k udržení stálého příjemného pocitu sucha a pohody i při vysokém tělesném výkonu a v extrémních klimatických podmínkách. Hlavní kritéria pro hodnocení funkčnosti prádla jsou dvě: rychlost odvodu vlhkosti a míra tepelné izolace.

Podmínkou správné funkce proto je, aby všechny funkční vrstvy oblečení měly odpovídající vlastnosti. Velkou a častou chybou při nošení funkčního oblečení je, že lidé investují nemalé peníze do vrchního funkčního ošacení z materiálu Goretex, Sympatex apod., ale jako spodní vrstvu si vezmou bavlněné triko, flanelovou košili místo funkčního prádla. Až pak toto ucelené funkční oblečení nemůže správně fungovat.

Tato práce je rozdělena na část teoretickou, která popisuje úvod do fyziologických vlastností bariérových textilií, popisuje základní rozdělení funkčních vrstev, typy membrán, vlastnosti vybraných vláken. Dále se zabývá oděvním komfortem, technologií úprav vrchového materiálu a měřicími přístroji.

V druhé experimentální části je popis postupů zkoušení fyziologických vlastností na jednotlivých přístrojích, včetně rozborů použitých materiálů. Zabývám se zde grafickým znázorněním výsledků měření, porovnáním naměřených hodnot včetně komentářů. Dále výpočtem reálné fyziologické vlastnosti – propustnosti vodních par při změně rozdílu parciálních tlaků v závislosti na relativní vlhkosti a teplotě okolí.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 ODĚVNÍ KOMFORT

Komfort je klíčovým prvkem v dnešní převážně sportovní módě pro ženy i muže. Komfort je stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu, a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly. Komfort je vnímán všemi našimi smysly kromě chuti, v následném pořadí důležitosti: hmat, zrak, sluch . [9]

Komfort dělíme na psychologický, senzorický, fyziologický a patofyziologický.

2.1.1 Psychologický komfort

Psychologický komfort můžeme rozdělit podle různých hledisek, zde patří klimatická hlediska (typické denní oblečení by mělo v první řadě respektovat tepelně klimatické podmínky, které jsou podmíněny geograficky), ekonomická hlediska (zahrnují přírodní podmínky obživy, výrobní prostředky, politický systém apod.) historická (tradice v životním stylu a módě), kulturní (sem patří zvyky, tradice, obřady, náboženství), sociální (věk, vzdělání a kvalifikace, sociální třída, postavení nebo pozice v této třídě), skupinová a individuální hlediska (patří do oboru oděvního návrhářství a zahrnují módní vlivy, styl, barvy a lesk, trendy, osobní preference). [9]

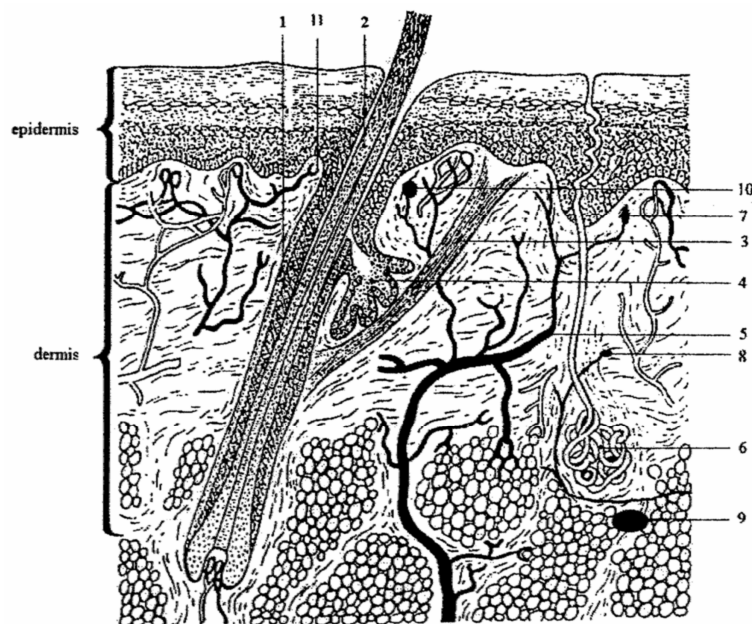
2.1.2 Senzorický komfort

Senzorický komfort zahrnuje vjemy a pocity člověka při přímém styku pokožky a první vrstvy oděvu. Pocity vznikající při styku pokožky a textilie mohou být příjemné, jako pocit měkkosti, splývavosti nebo naopak nepříjemné a dráždivé, jako je tlak, pocit vlhkosti, škrábání, kousání, píchání, lepení apod.

Lidská kůže

Úloha kůže v rámci lidského těla je velmi rozmanitá a její vlastnosti nelze posuzovat izolovaně bez vztahu k celému organismu. Funkcí kůže je chránit tělo před škodlivými vlivy prostředí, regulovat teplotu organismu, odolávat mechanickým zatížením, zneškodňovat nebezpečná záření. [9]

Obrázek č. 1: Schématický kolmý řez kůže



1 – vlasové pouzdro, 2 – vlas, 3 – hladké svalstvo, 4 – tuková žláza, 5 – kožní žíla, 6 – potní žláza, 7 – kožní receptory, 8 – senzory vyšších teplot, 9 – senzory tlaku, 10 – senzory nižších teplot, 11 – volné konce nervů

Zdroj: [9]

2.1.3 Fyziologický komfort

Mikroklimatické podmínky jsou určeny teplotou, relativní vlhkostí a rychlostí proudění vzduchu. Jsou navzájem závislé, změna jedné z nich má za následek i změnu dalších dvou. Tyto fyzikální veličiny vymezují subjektivní pocit pohody či nepohody. Rozhodující pro tepelný stav člověka je jeho tepelná bilance, tj. vztah mezi množstvím tepla jím produkovaného a množstvím tepla odváděného z organismu do okolního prostředí. [5]

Teplota vzduchu

Vypovídá o tepelné zátěži nebo subjektivním pocitu tepelné pohody člověka, tepelná pohoda je jedním z faktorů zajišťujících optimální prostředí pro pobyt člověka. Lze ji charakterizovat jako stav rovnováhy pro lidský organismus. Při pocitu tepelné pohody je zachována rovnováha metabolického tepelného toku (celková tepelná

produkce člověka) a toku tepla odváděného z těla při optimálních hodnotách fyziologických parametrů.

Člověk snese teplotu kolem 50 °C po dobu asi 4 hodin, avšak při vzrůstající vlhkosti vzduchu doba snesitelnosti značně klesá. Vysoké teploty způsobují nadměrnou únavu a nesoustředěnost vedoucí až k nebezpečným úrazům. Při práci v chladu vede celkové působení chladu k omezení průtoku krve kůží, vzestupu krevního tlaku a zrychlení srdeční frekvence, rovněž ke zvýšení spotřeby kyslíku. Lze očekávat pokles teploty tělesného jádra, oslabené dýchání, zpomalování srdeční frekvence. [5]

Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu vnitřního prostředí závisí na venkovní vlhkosti, technologických nebo jiných zdrojích a množství lidí.

Doporučené hodnoty jsou v rozmezí 30 – 60 % relativní vlhkosti. Vlhkost je sice člověkem mnohem méně pociťována než teplota, ale i tak může být nepříznivě ovlivněn stav jedince. V zimním období dochází při vytápění k poklesu relativní vlhkosti na 20 % i méně. [5]

Rychlost proudění vzduchu

Tepelná pohoda je ovlivněna rovněž rychlostí proudění vzduchu. Člověk vnímá každé proudění vzduchu; to však může být zdrojem pocitu nepohody (diskomfortu). Vyšší rychlosti proudění zpravidla zlepšují tepelnou pohodu při vyšších teplotách, zároveň však již mohou vést až ke zdravotním potížím. Pokud se povrch těla vlivem proudícího vzduchu nadměrně ochlazuje rychlým odpařováním potu, dochází k prochladnutí organismu. Pocit chladu se zvětšuje. Tenká mezní vrstva ohřátého vzduchu na povrchu těla nebrání pronikání vířících částic chladného vzduchu až na kůži, zvyšuje se přestup tepla konvekcí a dochází k dalšímu ochlazení. Rychlosti proudění vzduchu by se měly celoročně pohybovat v rozmezí od 0,1 – 0,3 m.s⁻¹ (0,36 – 1,08 km.hod⁻¹) v závislosti na druhu činnosti a použitém oděvu.

Pocitovou teplotu těla v závislosti na rychlosti větru na tělo působícího nazýváme Windchill efekt. Takže při venkovní teplotě 10°C a větru 30 km/h je pocitová teplota 1°C, při větru 50 km/h je to dokonce -2°C, při -12°C a větru 40 km/h klesne pocitová teplota dokonce až na -34°C. [5] [8]

Obrázek č. 2: Windchill efekt

	rychlost větru v km/hod			
	» 10	» 20	» 30	» 40
14	12	8	6	5
12	10	6	3	2
10	8	3	1	-1
8	5	1	-2	-4
6	3	-2	-7	-7
4	1	-5	-10	-10
2	-1	-7	-11	-13
0	-4	-10	-14	-16
-2	-6	-12	-16	-19
-4	-8	-15	-19	-22
-6	-10	-17	-22	-25
-8	-12	-20	-25	-28
-10	-15	-23	-28	-31
-12	-17	-25	-30	-34
-14	-19	-28	-33	-37

Zdroj: [26]

2.1.3.1 Hodnocení fyziologického komfortu

Jednoznačné hodnocení fyziologického komfortu je značně složité, zjednodušeně lze metody hodnocení komfortu rozdělit na dvě skupiny: na subjektivní metodu a objektivní metodu. Metody subjektivní jsou založeny na zjišťování subjektivních názorů uživatelů na stav prostředí, ve kterém pobývají. Metody objektivní vycházejí z výsledků měření fyzikálních faktorů určujících stav prostředí. [5]

Subjektivní metody:

Při posuzování stavu prostředí je navržena řada stupnic popisujících pocity vyšetřených osob podle ČSN EN ISO 7730:

Pohoda (0), resp. tepelně neutrální pocity člověka nastávají tehdy, jestliže není pociťováno ani teplo, ani chlad, není pociťováno proudění vzduchu, oděv není nepříjemně pociťován, vzduch v místnosti připadá jako vyhovující, tj. ani suchý, ani vlhký.

Mírná nepohoda (1), resp. mírně chladno nebo teplo, jsou provázeny obvykle nevýrazným pocitem chladu nebo tepla, proudění vzduchu je pociťováno, oděv je pociťován, avšak není snaha jej změnit, některé osoby udávají směrem k chladnu pocit vlhka, směrem k teplu pocit sucha.

Nepohoda (2), resp. chladno nebo teplo, je provázena obvykle výrazným pocitem chladu nebo tepla s mírným pocením, proudění vzduchu v chladnu je vnímáno jako průvan, v teple je naopak vnímáno velmi příjemně, oděv je pociťován buď jako příliš lehký (v chladnu), nebo příliš těžký (v teple) a je snaha ho změnit, podle relativní vlhkosti vzduchu dochází většinou k pocitům vlhka (v chladnu) či naopak sucha či dusna (v teple).

Značná nepohoda (3), resp. zima nebo horko, je provázena výrazným pocitem zimy (často s třesem) nebo horka s pocením, proudění vzduchu je pociťováno jako závan zimy nebo v horku také nepříjemně, neboť způsobuje nadměrné ochlazování částí těla s propoceným oděvem. Oděv je většinou pociťován jako zcela nevhodný, podle relativní vlhkosti vzduchu dochází k pocitům vlhka v zimě nebo značného sucha či tíživého dusna v horku.

Při vyšetřování uvedených údajů je třeba dotazy upřesnit i další související faktory (charakter pracovní činnosti, skladba oděvu, možnost individuální regulace teploty, základní údaje o dotazované osobě, tj. věk, hmotnost, výška, pracovní zařazení, stav, údaje o pracovišti dotazovaného aj.). [5]

Objektivní metody:

Hodnocení spočívají v měření fyzikálních veličin v bioklimatické komoře na probantovi. Měřenými parametry jsou teplota vzduchu, rychlost proudění vzduchu a jeho relativní vlhkost. Pro posouzení tepelné bilance člověka je třeba dále znát tepelnou

produkci člověka a přenosové vlastnosti jeho oděvu. Tepelná produkce člověka-probanta závisí na vykonávané mechanické práci, přenosové vlastnosti oděvu jsou charakterizovány tepelným odporem oděvu (vyjadřuje se v závislosti na počtu vrstev oděvu a rychlostí proudění okolního vzduchu). [5]

2.2 TERMOREGULACE

Termoregulací nazýváme schopnost organismu udržovat stálou tělesnou teplotu, protože produkce tepla, jeho příjem i ztráty, nepřetržitě kolísají. Organismus člověka, jehož fyziologický mechanismus je zaměřen na udržení rovnováhy mezi množstvím tepla vytvořeného organismem a množstvím tepla odevzdaného do okolního prostředí.

Termoregulace je proces, který slučuje fyziologické pochody řízené centrálním nervovým systémem, udržujícím tělesnou teplotu na optimální hodnotě. Na tomto základě existuje termoregulace dvojího druhu: chemická – tvorba tepla a fyzikální – výdej tepla. [4], [9]

Rovnice tepelné bilance

Obecně je možno tepelnou rovnováhu člověka vyjádřit rovnicí:

$$Q_B + Q_F = Q_v + Q_s + Q_p + Q_d + Q_o + Q_n \pm \Delta Q$$

kde:

Q_B množství tepla vyprodukovaného organismem [J],

Q_F množství tepla přijaté z okolí [J],

Q_v ztráty tepla vedením [J],

Q_s ztráty tepla sáláním [J],

Q_p ztráty tepla prouděním [J],

Q_d ztráty tepla dýchaním [J],

Q_o ztráty tepla odpařováním z povrchu pokožky [J],

Q_n ostatní formy energie [J],

ΔQ změna tepelného stavu organismu proti stavu tepelné pohody [J].

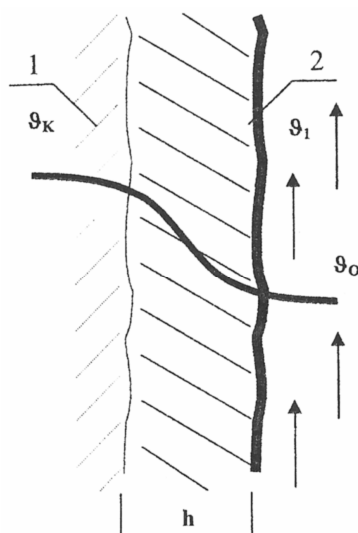
Rovnice definuje celkový tepelný výkon organismu, tedy množství tepla, předaného určitou plochou za jednotku času, jako součet dílčích tepelných výkonů.

2.2.1 Přenos tepla mezi člověkem a okolím

Přenos tepla vedením (kondukcí)

Spočívá ve vyrovnání teplot teplejší látky s chladnější látkou (okolí) – předávání kinetické energie. Dochází k němu v případě, že oděv těsně doléhá na pokožku a teplo odnímá kontaktním způsobem. Rychlost sdílení tepla závisí na teplotě okolí, tloušťce vrstvy h , množství statického vzduchu v textiliích a vnějším pohybu vzduchu. [4]

Obrázek č. 3: Přenos tepla vedením (kondukcí)



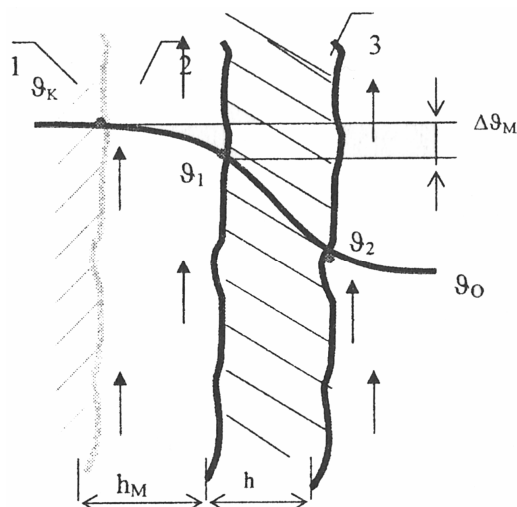
1 – pokožka, 2 – textilní vrstva, t_k – teplota pokožky, t_o – teplota okolí, t_1 – teplota vnější vrstvy oděvu, h tloušťka textilní vrstvy.

Zdroj: [9]

Přenos tepla prouděním (konvekcí)

Mezi pokožkou a první oděvní vrstvou se nachází vzduchová mezivrstva (mikroklima), ve které dochází k proudění díky pohybu člověka v prostředí, transport tepla je tedy závislý na proudění vzduchu, dále na odhalení těla s rychlostí větru. Tepelné ztráty narůstají za větru. [4]

Obrázek č. 4: Přenos tepla prouděním (konvekcí)



1 – pokožka, 2 – mikroklima, 3 – textilie, ϑ_k - teplota pokožky, $\Delta\vartheta_M$ - pokles teploty, ϑ_o - teplota okolí, h_m – tloušťka mikroklimatu, h – tloušťka materiálu

Zdroj: [9]

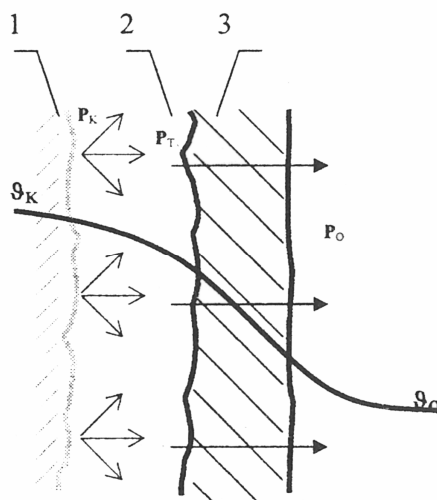
Přenos tepla sáláním (radiací)

Teplo je předáváno z pokožky do okolí a naopak je pokožkou přijímáno prostřednictvím infračerveného záření, které vydávají všechna tělesa. Výdej tepla tímto způsobem je závislý na teplotě a vlhkosti okolí a odhalení lidského těla. Q_s nastává, pokud je teplota organismu vyšší než je teplota okolí, jinak dochází k přijímání tepla. [4]

Přenos tepla odpařováním (evaporací)

Tepelné ztráty odpařováním bývají v podmínkách přehřátí organismu. Odparné teplo je takové množství tepla, které odchází z kůže neznatelným pocením a je závislé především na měrném skupenském výparném teple a na rozdílu parciálních tlaků vodních par $\Delta p = p_k - p_o$.

Obrázek č. 5: Přenos tepla odpařováním (evaporací)



1 – pokožka, 2 – mikroklima, 3 – textilie, P_k – parciální tlak vodních par na povrchu kůže, P_t – parciální tlak vodních par na vnitřním povrchu první textilní vrstvy, P_o – parciální tlak ve vnějším prostředí, θ_K – teplota pokožky, θ_O – teplota okolí

Zdroj: [9]

Přenos tepla dýcháním (respirací)

Respirační odvod tepla je realizován dýchacími cestami a jeho množství je dáno rozdílem množství vodních pár vdechovaných a vydechovaných.

Udržování stálé lidské teploty

Teplota kůže je různá podle kožní partie a kolísá v určitých mezích i podle konstituce jednotlivce. Při teplotě okolí 20°C je vnitřní teplota 36,8°C, v podkoží 35,6°C a v kůži 35,2°C. Nejteplejším místem je podpažní jamka 36,7°C. Na končetinách se naměří 30°C, přičemž nejchladnějšími místy jsou hrot nosu, ušní lalůčky a špičky prstů. Jsou to místa nejhůře prokrvená.[3]

V běžných podmínkách ztrácí se teplo z těla různými způsoby v tomto poměru:

z kůže vedením a sáláním	75% tepla
z kůže odpařováním potu	13% tepla
z dýchadel ohříváním vzduchu	2,5% tepla

z dýchadel odpařováním vody	8% tepla
ohříváním pokrmů a nápojů	1,5% tepla [3]

2.2.2 Odvod kapalné vlhkosti z povrchu lidského těla

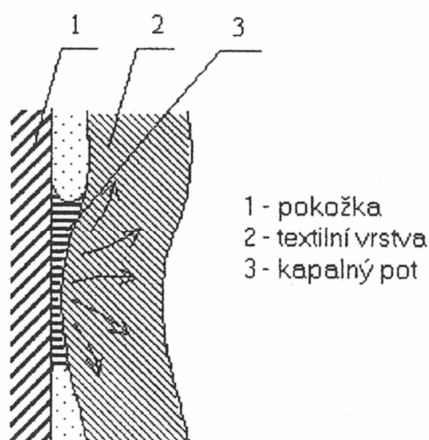
Lidský organismus v rámci své termoregulační činnosti produkuje vodu ve formě potu. Ochlazovací efekt vznikne pouze při odpaření potu. Předpokladem je, aby okolní prostředí bylo schopno toto množství vodní páry přijmout, tj. aby rozdíl parciálních tlaků, určující rychlost odvodu vlhkosti, byl co nejvyšší. [4]

U oblečeného člověka je situace složitější, neboť tento systém pracuje podle jiných principů. Vlhkost z kůže je odváděna několika způsoby:

Kapilární odvod potu

Kapilární odvod potu spočívá v tom, že pot v kapalném stavu je odsáván první textilní vrstvou a jejími kapilárami vzlíná do její plochy všemi směry, popř. je stejným principem transportován do dalších vrstev knotovým efektem. Kůže je ze strany textilie smáčena odsávaným potem a intenzita prostupu je dána parciálním spádem tlaků Δp . Kapilární odvod je závislý na smáčecí schopnosti textilie, na povrchovém napětí vláken a potu. U směsových textilií rozhoduje podíl vláken s vyšší a nižší smáčivostí. [4]

Obrázek č. 6: Odvod potu první textilní vrstvou



Zdroj: [9]

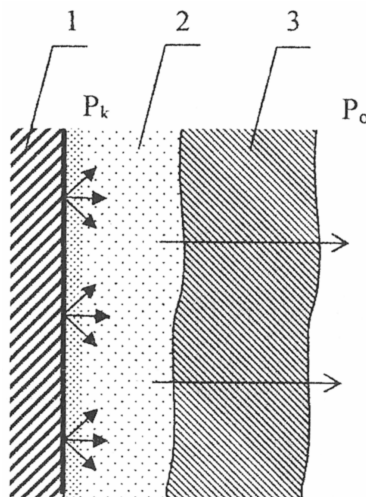
Migrace potu (vody)

Migrace potu na povrchu vláken vzniká několika způsoby. Oděvní vrstva se nachází na teplotním spádu mezi teplotou těla, resp. mikroklima a teplotou okolí, proto za těchto podmínek může dojít ke kondenzaci vlhkosti na povrchu vláken. Tato voda je odvedena do kapilár nebo migruje na povrchu vláken. K migraci dochází zároveň u vody, která byla do textilie dopravena kapilaritou (kapalinou). Nastává u vláken, které mají schopnosti nasákavosti – nepřijímají vodu do své struktury. [4]

Difúzní prostup vlhkosti

Difúzní prostup vlhkosti z povrchu kůže přes textilií je realizován prostřednictvím pórů, jež svou velikostí a tvarem se účastní na kapilárním odvodu. Vlhkost prostupuje textilií směrem nižšího parciálního tlaku vodní páry. Pokud je oděv složen z několika vrstev, tyto vrstvy nemají stejný difúzní odpor a dochází ke zbrždění tohoto prostupu. Vliv vlákenné suroviny se neprojevuje, pokud textilie nemění svoji geometrii (bobtnání). [4]

Obrázek č. 7: Difúzní odvod



1 – pokožka, 2 – mikroklima, 3 – vrstva textilie, $P_k > P_o$

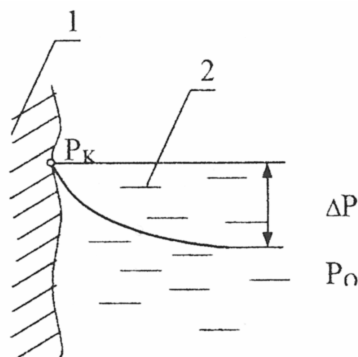
Zdroj: [9]

Sorpční proces

Předpokládá nejprve vnik vlhkosti nebo kapalného potu do neuspořádaných mezimolekulárních oblastí ve struktuře vlákna a následné navázání na hydrofilní skupiny. Proti předešlým třem způsobům je tento proces nejpomalejší a předpokládá, aby textilie byla alespoň částečně ze sorpčních vláken. [4]

Všechny čtyři odvody vlhkosti se na procesu zúčastňují současně. Způsob kapilární odvádí pot jako kapalinu, difúzní, migrační a sorpční způsob jako kapalinu, tak i vodní páru. Pro snášenlivost organismu a pocit komfortu, je nejvhodnější kombinace způsobu difúzního a sorpčního. Optimální hodnotu jednotlivých propustností lze dosahovat strukturou jednotlivých textilních vrstev, přičemž vrstvy naléhající na pokožku musí odvádět největší objem vlhkosti. Rychlý odvod vlhkosti má za následek nadměrné ochlazování povrchu těla, proto je nutná kombinace difúzního a sorpčního odvodu vlhkosti, kde sorpční působí jak tlumící mechanismus. [4]

Obrázek č. 8: Rozdíl parciálních tlaků



1 – pokožka, 2 – vnější vzduchová vrstva, $\Delta P = P_k - P_o$

Zdroj: [9]

2.3 VYBRANÉ UŽITNÉ VLASTNOSTI TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ

Tyto vlastnosti materiálů umožňují regulovat oděvní mikroklima, které podmiňuje subjektivní pocity člověka, jeho náladu a pracovní schopnosti. Podle požadavků, kladených na oděvy, je možné užité vlastnosti rozdělit do několika skupin. Je to trvanlivost, estetické vlastnosti, fyziologické vlastnosti a možnost údržby. [13]

2.3.1 Propustnosti textilních materiálů (fyziologické vlastnosti)

Při sdílení tepla mezi člověkem a vnějším prostředím má mimořádně důležitou úlohu přestup tepla odpařováním potu z povrchu těla. [13]

Hydroskopičnost (navlhavost)

Schopnost textilií pohlcovat vodu z ovzduší souvisí se sorpčními vlastnostmi textilních vláken. Lněné materiály pohlcejí vodu rychle, bavlněné pomaleji, rovnoměrně a pomalu materiály z vlny. Materiály ze syntetických vláken vodu téměř nepohlcejí. Hydroskopičnost závisí na dostavě, tloušťce a na vlastnostech vláken. Čím hustší a tlustší jsou tkaniny, tím pomaleji nasávají i pouštějí vodu a tím lépe zajišťují stálost vlhkosti a tepla vzdušné vrstvy mezi oděvem a tělem. Rychlé pohlcování vody materiálem vede k rychlé změně mikroklimatu pod oděvem. Hydroskopičnost je potřebnou vlastností pro první oděvní vrstvu. Rychlé pohlcování potu materiálem zachovává příznivé klima pod oděvem. Pro zimní oděvy je navlhavost nežádoucí. Zvlhčením oděvu se zvyšuje tepelná vodivost textilií, což vede ke snížení teploty pod oděvem. [13]

Vzlínavost

Vzlínavost je schopnost textilních materiálů pohlcovat a přenášet kapalinu působením kapilární síly. Charakterizuje schopnost textilií odvádět vlhkost pod oděvem a je závislá na pórovitosti. Velká vzlínavost může kompenzovat nízké hodnoty navlhavosti u syntetických materiálů. [13]

Nasákavost

Je to schopnost materiálů ponořených do vody přijímat a fyzikální cestou vázat vodu při stanovené teplotě a čase. [13]

Vysýchavost

Vysýchavost je schopnost materiálu odevzdávat vodu do okolního prostředí. Různé materiály v různé míře pohlcují a odevzdávají vlhkost. Odstranění vlhkosti vede k tomu, že materiály jsou lehčí, nabývají lepších tepelně izolačních vlastností a mění svou pevnost. [13]

Propustnost vodních par

Je schopnost textilních materiálů propouštět vodu v podobě vodních par z prostoru. Způsoby zjišťování propustnosti vodních par jsou založeny na tom, že na obou stranách materiálu je nestejná vlhkost a pak se zjistí množství vody, která prošla materiálem. Bavlněné, lněné, vlněné a viskóзовé vlákna mají vysokou propustnost vodních par bez ohledu na hustotu. Propustnost těchto materiálů je určována sorpčními vlastnostmi textilních vláken. Propustnost materiálů ze syntetických vláken závisí na jejich hustotě. Tato vlastnost má velký význam pro tvorbu oděvu, souvisí se stavem mikroklimatu pod oděvem. [13]

Přenos vody a vlhkosti

Průchod par materiálem oděvu je složitý pochod, který se uskutečňuje difúzně a sorpčně. Během průchodu materiálem lze pozorovat kondenzaci par. Vlhkost migruje v plynném i kapalném skupenství, a to působením kapilárních sil. Stanoví se množství prošlé vody, která projde vzorkem za určitou dobu při rozdílu parciálních tlaků vodních par. Přenos vody a vlhkosti materiálu používaného v oděvní výrobě je závislý na navlhavosti, objemové hmotnosti a tloušťce. [13]

2.3.2 Prodyšnost textilních materiálů

Udává, jaké množství vzduchu projde danou plochou materiálu za stanovený čas při určitém tlakovém spádu mezi oběma stranami materiálu. Prodyšnost materiálu

ovlivňují vlastnosti jejich struktury a druh úpravy. Prodyšnost textilií je závislá na jejich tloušťce a objemové hmotnosti, vlhkosti, počtu vrstev a na tloušťce vzduchových mezivrstev. Se zvětšující se tloušťkou textilie se zmenšuje počet průchozích pórů, a tím klesá prodyšnost materiálu. Díky prodyšnosti materiálu se odvádí oxid uhličitý a další zplodiny vylučované pokožkou. Prodyšnost je závislá na stříhovém řešení, na počtu vrstev, na rychlosti větru i rozdílu teplot vnějšího vzduchu a vzduchu pod oděvem. Vzduchové mezivrstvy v oděvu napomáhají zvýšení prodyšnosti a zvyšují větratelnost pod oděvem. Se zvýšením rychlosti větru a zvětšením rozdílu teplot vnějšího vzduchu a vzduchu pod oděvem sílí proudění v textiliích a mezivrstvách, což vede k poklesu tepelně izolačních vlastností textilií. [13]

2.3.3 Tepelně izolační vlastnosti textilních materiálů

Jsou charakterizující tepelnou vodivostí, tj. schopností materiálů vést teplo. Stupeň tepelné vodivosti se vyjadřuje součinitelem tepelné vodivosti λ (W/m K). Tepelně izolační schopnost materiálu je nepřímo závislá na součiniteli tepelné vodivosti. Ten je ovlivněn druhem vlákenného materiálu a strukturou textilie.

Tepelně izolační vlastnosti materiálu ovlivňuje tloušťka, délka, zkadeření a pružnost vláken. Použití jemných, krátkých, zkadeřených vláken umožňuje získat tkanině velký počet pórů naplněných vzduchem. Vzduch je špatný vodič tepla, proto dodává textilií lepší tepelně izolační vlastnosti. Za větru je součinitel tepelné vodivosti materiálů závislý na jejich prodyšnosti, těsnosti obepínání povrchu těla a na klimatických podmínkách.

Pro hodnocení tepelně izolačních vlastností textilií nemá největší význam součinitel tepelné vodivosti λ , ale tepelný odpor R , který přímo ovlivňuje tyto vlastnosti. Tepelný odpor závisí na vazbě textilie, která určuje tloušťku a prodyšnost výrobku. Tloušťka materiálu ovlivňuje tepelný odpor nezávisle na jeho vlákenném složení a jeho hustotě. S růstem tloušťky stoupá i tepelný odpor.

Při velké prodyšnosti materiálu nemůže mít oděv vyšší tepelně izolační vlastnosti ani při značné tloušťce, neboť je zesíleno proudění nejen uvnitř textilií, ale i mezi nimi.

Tepelně izolační vlastnosti jsou závislé na vlhkosti textilních materiálu. Se zvyšující se vlhkostí tepelný odpor klesá. Voda, která je dobrým vodičem tepla, zvyšuje tepelnou vodivost materiálu. [13]

2.4 VLASTNOSTI VYBRANÝCH VLÁKEN

Nejpoužívanější vlákna na funkční prádlo jsou polypropylen (PP) nebo polyester (PL). Spředené může ovšem být i s nějakým přírodním vláknem, bavlnou, vlnou, hedvábím, nebo jiným umělým vláknem, pro zlepšení vlastností. Syntetická vlákna se vyrábí v různých jemnostech a někdy i v různých profilech. Nejčastěji jsou to vlákna kruhová či oválná, také se používají trojúhelníková (trilobal), v podobě kříže (např. CoolMax®), nebo pětilaločné (např. Moira® TG900). Různě tvarovaná vlákna svými vlastnostmi vhodně doplňují jemnější vlákna kruhového průřezu, v přízi, takže výsledný materiál je lehčí a lépe tepelně izoluje a odvádí vlhkost. Povrch vlákna se zvětšuje hlavně proto, aby byla co nejlepší vzlinavost vlhkosti od pokožky. Současně musí pletenina např. u teplejších výrobků udržet vrstvu teplého vzduchu u těla a také lze volbou správné pleteniny docílit lepší ochranu i před větrem. Dobře se budeme cítit tehdy, když pokožka bude volně dýchat. Někdy se do materiálu vláken přidávají různé antibakteriální látky, občas i s vůněmi, aby se zpomalil nebo zastavil růst mikrobů a plísní v pletenině. Takto upravená vlákna jsou netvarovaná, kruhová a přidaná látka by v nich měla vydržet po celou životnost prádla. Uvolňuje se jen velmi pomalu a stejnoměrně. Tato vlákna se do příze přidávají, ve většině případů asi tak ve 30 %. [18]

Polypropylenová vlákna

Jsou inertní vůči bakteriím, plísním, jsou dobře snášitelná s lidskou pokožkou, nevyvolávají alergické reakce. Z textilních vláken má polypropylén nejnižší nasákivost, velmi nízkou tepelnou vodivost a také nízkou hmotnost. Vlákna jsou velmi pevná, nevýhodou snad může být jen jejich nízká odolnost vůči vysokým teplotám, nelze je žehlit a běžně práť lze na 40, maximálně 60 °C. Polypropylen si udržuje mírně záporný elektrický náboj, což je pro lidský organizmus příznivé. Vlákna se nedají povrchově barvit. Barvu vlákno získá jen obarvením základní suroviny při její výrobě a to pouze v omezeném sortimentu barev. Protože na vláknech se neváže ani nečistota, lze výrobky z čistého PP i snadno práť. Mnohdy jen ve studené vodě a

dokonce i bez pracích prostředků. Většinou výrobky z PP také dobře a snadno usychají a mokré na těle příliš nestudí. [18]

Polyesterová vlákna

Jsou nejčastěji používaným syntetickým vláknem. Navlhavost je také poměrně nízká, horší je to už s tepelnou vodivostí a jejich váhou (asi 2× vyšší než u polypropylenu). Vlákná jsou dostatečně pevná a odolná i vůči vyšším teplotám, lze je dokonce i opatrně přezehlít. Polyester má dosti silný kladný elektrický náboj, který může přivodit náchylným jedincům kožní alergie. Vlákná se dají povrchově barvit, lze docílit větší barevné spektrum. Praní je náročnější na teplou vodu i prací prostředky, špína se pak ale odstraňuje poměrně snadno a dobře. [18]

Bavlna

Je příjemná k pokožce, hlavní nevýhoda je v tom, že váže na sebe vlhkost, kterou absorbuje, proto pomalu schne a vystavuje tělo nebezpečí prochladnutí. Proto je třeba vlhké bavlněné oblečení často převlékat. Bavlna je tedy používána často ve směsi se syntetickými materiály, které dokážou vlhkost odvést. [19]

Vlna

Vlna si ponechává výborné izolační vlastnosti i přes vysokou schopnost přijímat vlhkost. Nevýhodou vlny je však nízká pevnost a odolnost vůči odřením, navíc má tendenci plstnatět. Často se používá ve směsi s polyesterovým vláknem. [19]

2.5 MATERIÁLY

Základní funkce moderního sportovního oblečení, spočívá v kontrole ztráty tepla tvořeného lidským tělem. K tomu dochází několika výše popsanými způsoby a náš komfort je pak výslednicí působení oblečení s okolním prostředím a míry naší aktivity. Asi k největší ztrátě tepla dochází při takzvané konvekci (proudění větru). Proto je základním požadavkem všech moderních materiálů pro sportovní účely dobrá větruvzdornost zejména u zimního oblečení.

2.5.1 Funkční vrstvy

Moderní systémy oblečení se skládají ze tří základních vrstev: základní, izolační a svrchní, která slouží jako ochrana proti vlivům počasí. Základní úkolem těchto vrstev je koordinovat transport tepla a zabránit nepříjemným pocitům ať už z chladu nebo vlhka.

2.5.1.1 Vrstva první odvádějící pot

Specifickou vlastností této vrstvy je schopnost materiálu přenášet vlhkost od povrchu těla směrem ven. Tyto vrstvy jsou v přímém kontaktu s lidskou kůží a vyrábí se z hydrofobních syntetických materiálů (polypropylen, polyamid, polyester), které jednak izolují a zároveň transportuje kapalné vlhkosti od povrchu těla (Moirá, Klimatex, atd.). Současně musí být prádlo tělu co nejpříjemnější, nealergické a u teplejších provedení má i výrazně zlepšovat tepelnou izolaci.

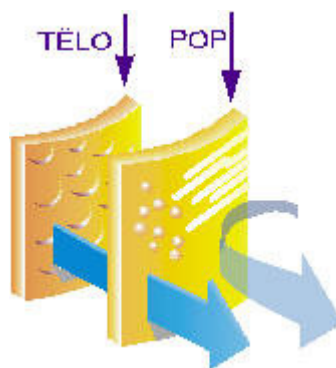
Sortiment funkčního prádla je možné rozdělit podle složení pleteniny do dvou hlavních skupin:

1. jednosložkové pleteniny,
2. integrované (dvousložkové) pleteniny. [4]

Jednosložková pletenina

Je zhotovena pouze z jedné vrstvy syntetických vláken. Jednotlivé druhy pletenin se od sebe odlišují strukturou a vazbou pleteniny. Prádlo z těchto pletenin je určeno pro první vrstvu oblečení. [4]

Obrázek č. 9: Jednosložková pletenina

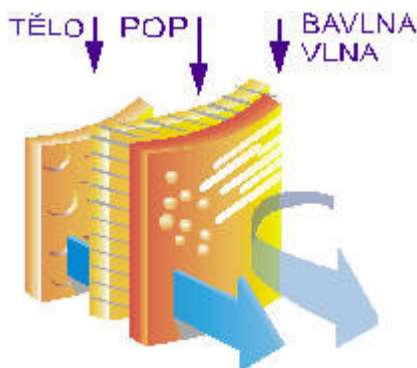


Zdroj: [4]

Dvouvrstvý integrovaný úplet

Polypropylenová vlákna pomocí knotového efektu odvádí vlhkost z povrchu těla do další vrstvy, která shromažďuje vlhkost a postupně ji transportuje dále do ovzduší či dalších vrstev oblečení. [4]

Obrázek č. 10: Integrovaná pletenina



Zdroj: [4]

Obrázek č. 11: Ukázka řady Body Comfort firmy Jitex (vrstva první odvádějící pot)



2.5.1.2 Vrstva druhá izolační

Izolační vrstva pokrývá první vrstvu a může být vyrobena z rozmanitých druhů izolačních vláken a tkanin. Zde patří různé druhy fleece, které jsou lehké, teplé, nedrží vlhkost, rychle schnou a dají se nosit samostatně (Polartec).

Fleece

Pro výrobu fleece se používá 100% polyester, který se zpracovává do krouceného vlákna (na jeho výrobu se používají i recyklované PET lahve). Materiál má velmi dobré izolační vlastnosti jak za sucha tak i za mokra. Do tkanin se začaly přidávat i další materiály, které zaručí pružnost (elastomery) nebo odolnost větru a vodě (různé membrány).

Při výběru je důležité si uvědomit na jaké aktivity budeme oděv z fleece používat. Fleece určené jako první, maximálně druhá vrstva jsou velice lehké, mají anatomický střih a krátce střižený vlas. Slabší typy tolik nezahřejí, ale perfektně odvedou pot. Fenoménem posledních let je tzv. softschell. Jedná se podstatě o dva i více materiálů sendvičově naskládaných a spojených k sobě. [16]

Obrázek č. 12: Ukázky mikiny Polartec (vrstva druhá izolační)



2.5.1.3 Vrstva třetí ochranná proti vlivům počasí

Pro třetí, vnější, vrstvu oblečení se nejlépe hodí membránové materiály nebo tkaniny se zátěrem. Tato svrchní vrstva hraje nejvýznamnější roli v systému oblečení. Musí být nepromokavá, aby zabránila přístupu vody z vnějšího prostředí, zároveň musí chránit izolační vrstvu. Třetí vrstva musí být také větruvzdorná, a zabránovat tak ztrátě tepla (Gore – tex, Sympatex, Toray). [4]

Obrázek č. 13: Ukázka bundy z membrány Sympatex (vrstva třetí ochrana proti vlivům počasí)



Obrázek č. 14: Ukázka tkaniny s membránou používané pro třetí ochrannou vrstvu



Zdroj: [23]

2.5.1.4 Rozdělení materiálů třetí vrstvy podle pronikání vody

Waterrepellent: povrchová úprava je vytvořena impregnací, kalandrováním nebo napuštěním. Při kratším dešti se udělají kapičky, které sklouznou. Při větší zátěži voda proteče (0,5 m v. s.)

Waterresistant: jedná se o vrstvené materiály, zátěrované. Materiály jsou voděodolné a vydrží tlak vodního sloupce kolem 1,1 m.

Waterproof: Jsou vodotěsné a vysoce nepromokavé materiály, které odolávají tlaku vodního sloupce nad 1,3m.

Aby bylo dosaženo dokonalého nepromokavého oděvu, musí mít oděv speciálně upravené švy páskou. Nepronikavost se měří výškou vodního sloupce, kterou textilie udrží, než začne voda prosakovat. [4]

2.5.1.5 Rozdělení materiálů třetí vrstvy podle technologie úprav a výroby

Tkaniny s vodoodpudivou úpravou

Pertex, Dura-Ridge, Piumi, Dry Loft, Dry Heat aj.

Tuto skupinu materiálů charakterizuje nejlepší prodyšnost, ale současně také ze svrchních materiálů nejnižší odolnost proti vodě. Nanesená vodoodpudivá vrstva se

ztrácí po několika pracích cyklech. V poslední době roli klasických hladkých polyamidových vláken přebírají mikrovlákná. Ochrana proti vlivům počasí je zde dosahována pouze kombinací co nejhustší dostavy tkaniny a voděodolné impregnace. Tyto "mikro příze" jsou používány k tomu, aby byly značně sníženy rozměry pórů v tkanině, aby bylo možné dosáhnout sloupce vody až do 1 m. [6]

Tkaniny se zátěrem

Bretex, Protech, Protex, Drymax, Aquatec aj.

Základní tkanina je k dosažení nepromokavosti opatřena zátěrem nanášeným přímo na materiál v různě silných vrstvách, nejčastěji polyuretanovým nebo nánosem polyvinylchloridu. Zátěry mohou být prodyšné nebo neprodyšné. Parametry vodních sloupců a prodyšností tkanin se zátěrem jsou poměrně nízké a jsou tak vytlačovány buď tkaninami s membránou nebo fleecem s membránou. Se zátěry se dnes setkáme spíše u levnějšího nepromokavého oblečení. [6]

Fleece materiály s membránou (především proti větru)

Gore Windstopper, Winbloc, NoWind, Wind Pro, Stormwall aj.

Tyto materiály mají vysokou téměř až 100% větruodolnost, jsou prodyšné a vysoce voděodolné. Většinou mají v názvu Wind – vítr. Jedná se o materiály, kde na vysoce prodyšnou membránu je z jedné nebo z obou stran nalamínovaná tenká vrstva fleecu. Použitá membrána je 100% odolná proti větru a částečně proti vodě, ale za cenu zhoršení prodyšnosti. Také tyto materiály jsou opatřovány vodoodpudivou úpravou. [6]

Tkaniny s membránou (především proti vodě)

Gore – Tex, SympaTex, Gelanots, Powertex, Dermizax, Climatic, Aquatex, AquaPro, AquaGuard, 3M Propore, Hydro Dry, DryTech aj.

Tato technologie nabízí výrobku vysokou míru voděodolnosti, prodyšnosti a větrovzdornosti. Voděodolnost propůjčuje tkanině nepromokavá membrána (laminát). V současné době jsou na trhu dva druhy membrán mikroporézní a hydrofilní. [6]

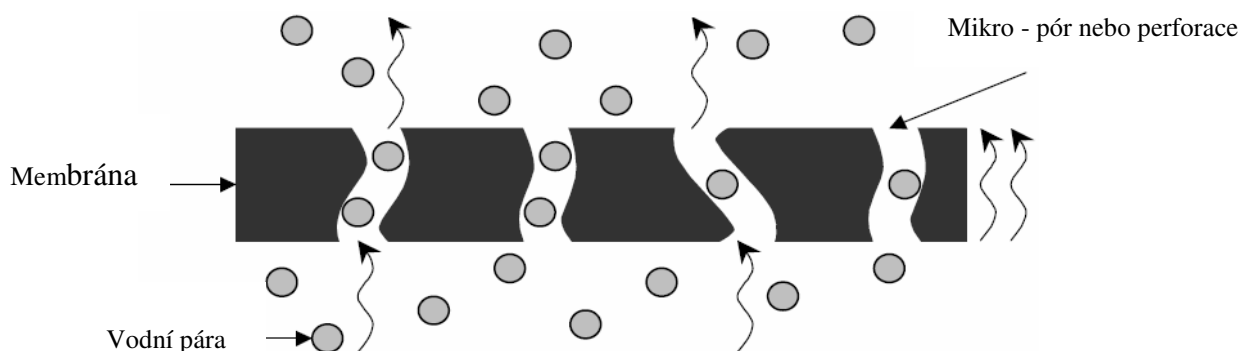
2.5.2 Membrána

Nejedná se o samostatnou látku, ani o impregnaci či zátěr, ale o speciální vrstvu, vyrobenou např. na bázi teflonu. Svou strukturou je schopna propustit molekuly vodní páry a zabránit průchodu kapkám vody.

2.5.2.1 Mikroporézní

Mikroporézní membrána má velké množství mikroskopických otvorů, které jsou prostupné pro molekuly páry, ale pro zkondenzované kapky vody jsou příliš malé. Mezi porézní membrány patří např. membrána GoreTex.

Obrázek č. 15: Mikroporézní membrána



Zdroj: [25]

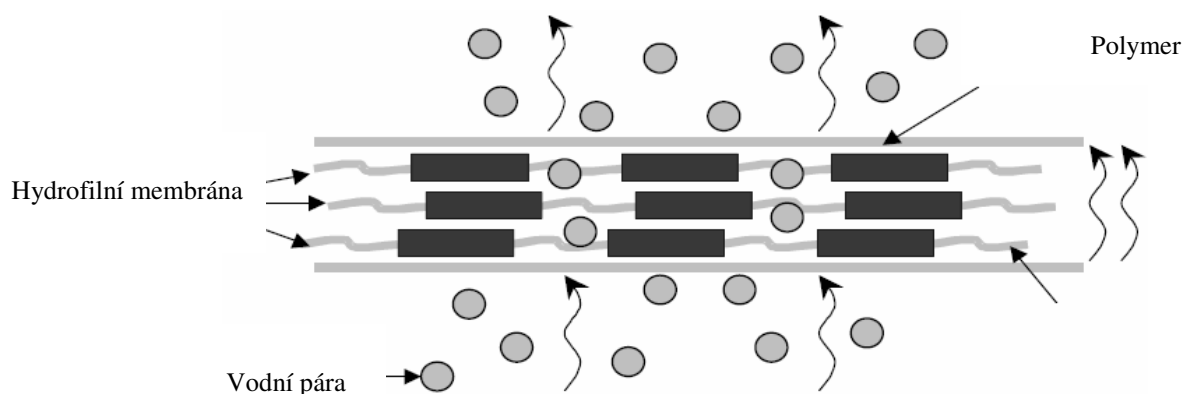
Membrána GoreTex

Už v 70. letech 20. stol. objevil Bob Gore, že materiál PTFE (polytetrafluoretylen, teflon) lze roztáhnout tak, aby vytvořil pevný a porézní materiál. Takto tažený PTFE má nízký koeficient tření, funguje v širokém rozmezí teplot, nepodléhá stárnutí a je odolný proti povětrnostním podmínkám. GORE-TEX je mimořádně lehká a tenká teflonová membrána umísťovaná mezi svrchní materiál a podšívku. Jednotlivé póry membrány jsou 20 000 krát menší než kapka vody a přitom 700 krát větší než molekuly vodní páry. Voda v kapalném skupenství membránou GORE-TEX nemůže proniknout, zatímco v plynném proniká snadno. [12]

2.5.2.2 Hydrofilní

Hydrofilní membrána nemá žádné otvory, přenos vlhkosti je založen na principu, kdy se voda na určitou dobu stává součástí membrány. Tento druh membrány odvádí vodu nejen ve formě vodní páry, ale i zkondenzovanou. Hydrofilních neporézních membrán v poslední době přibývá a péče o ně je jednodušší, neboť není třeba se tolik obávat poškození membrány, nemohou se ucpat špínou, solí, prášky na praní apod. Membránové materiály poskytují nejlepší odolnost proti vodě při zachování dobré prodyšnosti. Funkci tkaniny s membránou opět podporuje impregnace. Mezi hydrofilní membrány patří např. membrána SympaTex. [6] [10]

Obrázek č. 16: Hydrofilní membrána

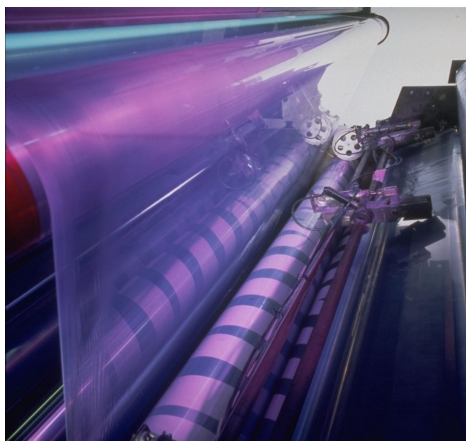


Zdroj: [25]

Membrána Sympatex

PES hydrofilní, neporézní, 100% voděodolné, větruvzdorná, prodyšná, vysoce výkonná, ekologická, teplota taní je 220°C, může být napínána až o 300% do jakéhokoliv směru o tloušťce 0,015 mm. Většina membrán firmy Sympatex je polyesterových (na bázi polymerů PES a PET) hydrofobních a hydrofilních. [10]

Obrázek č. 17: Ukázka membrány SympaTex



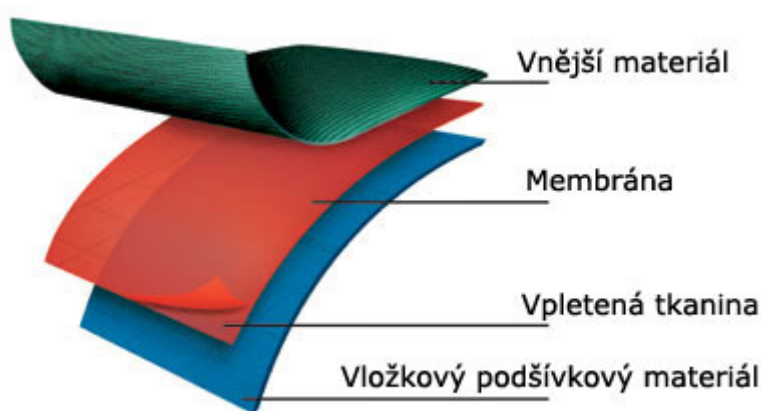
Zdroj: [11]

2.5.2.3 Způsoby laminace membrány

Konstrukce Z - liner - vložené membránové lamináty

Membrána je laminována do ovčí vlny nebo pletené tkaniny a je volně zavěšena je mezi vnější materiál a podšívku. Tímto způsobem se zachovávají její parametry a vyniká tak vysokým vodním sloupcem a prodyšností za membránu. Prodyšnost do vnějšího prostředí je omezena svrchním materiálem. [10]

Obrázek č. 18: Konstrukce Z – liner – Vložené membránové lamináty/Z-podšívka



Zdroj: [10]

Dvouvrstvé lamináty

Jsou nejpoužívanější a dvojího typu, membrána je pomocí laminátu spojena pouze s vnější tkaninou a zevnitř bývá zpravidla volná podšívka nebo je spojena s podšívkou a vnější tkanina tvoří nezávislou vrstvu. Laminováním se sníží parametry nepromokavosti a prodyšnosti, ale lepší je odolnost vůči poškození. Tyto lamináty jsou lehčí a prodyšnější, než třívrstvé.

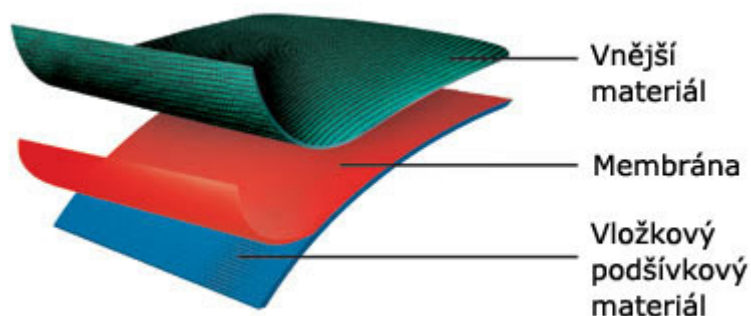
Podšívkové membránové lamináty

Membrána je přímo zkombinována se zadní stranou podšívkové látky. Vnější tkanina pak leží volně na této podšívce. Tyto lamináty jsou lehčí a prodyšnější, než třívrstvé. Laminováním se sníží parametry nepromokavosti, ale zlepší se odolnost vůči poškození.

Vnější tkaninové membránové lamináty

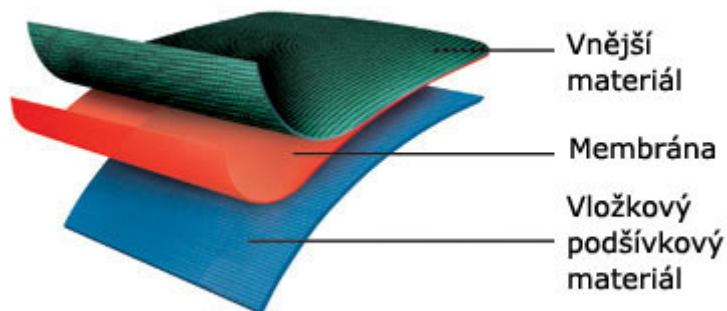
Membrána je přímo kombinována se zadním povrchem vnější tkaniny, podšívka leží volně pod touto kombinovanou vrstvou. U tohoto typu konstrukce musí být každý šev, který je viditelný z vnější strany, utěsněný speciální tepelně-tavnou páskou. Laminát se vyznačuje vynikající prodyšností. [10]

Obrázek č. 19: Podšívkové membránové lamináty



Zdroj: [10]

Obrázek č. 20: Vnější tkaninové membránové lamináty



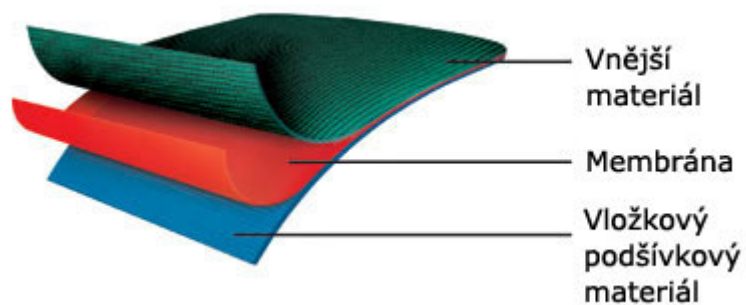
Zdroj: [10]

Třívrstvé lamináty

U této konstrukce je membrána zafixována jak do vnější tkaniny, tak i do podšívkové látky (tzv. sendvič). Třívrstvé lamináty se používají pro zhotovování pracovních oděvů a nebo velice trvanlivých a odolných bund pro extrémní sporty.

Výhody: velmi robustní a odolné mechanickému poškození (membrána je chráněna).
Termoizolační schopnosti se snižují díky nedostatečné vzduchové mezivrstvě. [10].

Obrázek č. 21: Třívrstvé lamináty

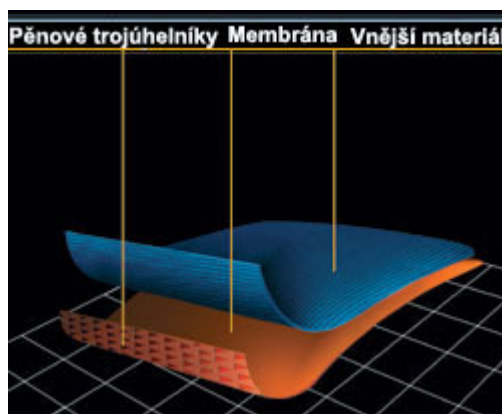


Zdroj: [10]

Lamináty 2,5v

Materiály s 2,5v laminací, jsou schopny kombinovat výhody 2v a 3v tkanin. Jsou odolné proti opotřebení a současně vykazují optimální prodyšnost. Je téměř stejně lehký jako 2v tkanina, ale zároveň odolný vůči opotřebení jako tkanina 3v. [10]

Obrázek č. 22: Laminát 2,5v



Zdroj: [10]

2.6 MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE

2.6.1 Přístroj na měření prodyšnosti vzduchu SDL M021S

Název přístroje: SDL M021S (AIR-PENETRATION)

Popis přístroje: Tento přístroj měří propustnost vzduchu u textilií tak, že se pomocí vakuového čerpadla nasává vzduch přes vzorek. Objem průtoku vzduchu (v ml/s) se měří zvoleným průtokoměrem (1 až 4) pokrývajícím rozsah toku vzduchu od 0,1 – 400 [ml/s], vůči specifikovanému podtlaku, který se nastavuje v trubici manometru. Rozsah nastavitelného tlaku je 10 Pa, 50Pa, 100 Pa, 500 Pa, 1kPa, 2kPa.

Měřená veličina na přístroji SDL M021S

Z jednotlivých měření se vypočítá aritmetický průměr $\overline{q_v}$. Prodyšnost R je vyjádřená v [mm/s] a vypočítá se podle vzorce:

$$R = \frac{\overline{q_v}}{A} * 10 \quad (1)$$

kde:

$\overline{q_v}$ aritmetický průměr rychlosti průtoku vzduchu v [ml/s]

A zkoušená plocha textilie v [cm²]

10..... přepočítávací faktor z [ml/s*cm²] na [m/s] [17]

2.6.2 Přístroj na měření tepelné odolnosti a odolnosti vodních par SKIN MODEL

Název přístroje: SKIN MODEL – PSM 2

Popis přístroje: Přístroj PSM – 2 slouží k testování tepelné odolnosti a zároveň odolnosti vůči vodním parám pro různé textilie za stanovených podmínek (teplota, vlhkost) simulující lidskou kůži. [22]

Měřené veličiny na přístroji SKIN MODEL

Tepelná odolnost R_{ct} [$m^2 \cdot K/W$]

Tepelná odolnost je stanovena jako rozdíl teplot mezi dvěma povrchy materiálu rozdělený výsledným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu. Suchý tepelný tok se může sestávat z jedné nebo více vodivých, konvenčních a sálavých komponent. Tepelná odolnost R_{ct} , vyjádřena v [$m^2 \cdot K/W$] je specifická vlastnost textilních útvarů nebo kompozit, která určuje suchý tok tepla danou plochou. [14]

Odolnost vůči vodním parám R_{et} [$m^2 \cdot Pa/W$]

Odolnost vůči vodním parám je stanovena jako rozdíl tlaku vodních par mezi dvěma povrchy materiálu, dělený výsledným výparným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu. Odolnost vůči vodním parám R_{et} , vyjádřena v [$m^2 \cdot Pa/W$] je veličina specifická pro textilní materiály nebo kompozity, která je definována jako „latentní“ výparný tepelný tok procházející danou plochou, odpovídající ustálenému použitému tlakovému gradientu páry. [14]

Index propustnosti vodních par i_{mt}

Je stanoven jako poměr tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám podle vztahu:

$$i_{mt} = S \cdot \frac{R_{ct}}{R_{et}} \quad (2)$$

kde $S = 60 \text{ Pa/K}$

i_{mt} nabývá hodnot v intervalu (0,1), 0 – materiál nepropouští vodní páru, 1 – tepelná odolnost vůči vodním parám je stejná jako vrstva vzduchu shodné tloušťky.

Propustnost vodních par W_d [$g/m^2 \cdot \text{hod} \cdot Pa$]

Je to vlastnost textilního materiálu nebo kompozitu závislá na odolnosti vůči vodním parám a teplotě, stanovena podle vztahu:

$$W_d = \frac{1}{R_{et} * \theta T_m} \quad (3)$$

kde ΦT_m je latentní teplo odpařování vody při teplotě měřicí jednotky T_m (při teplotě $T_m 35^\circ\text{C}$ je latentní teplo $0,672 \text{ W}\cdot\text{hod/g}$). [14]

2.6.3 Přístroj na měření tepelné odolnosti TOGMETER

Název přístroje: TOGMETER – SDL M259

Popis přístroje: Přístroj TOGMETER slouží pro stanovení tepelného odporu a tepelné vodivosti textilií. Tento přístroj je vybaven plotnými čidly a topné těleso je ovládáno digitálním ovladačem teploty. Přístroj je uložen ve skříni s řízeným prouděním vzduchu.

Na přístroji TOGMETER jsou možné dvě metody měření. První z nich, metoda se dvěma deskami, se normálně používá pro materiály, které jsou při použití chráněny před okolním vzduchem – jsou zakryty. Druhé metodě, s jednou deskou, se dává přednost z důvodu přesnosti a reprodukovatelnosti a doporučuje se ji používat vždy tam, kde je to možné. [15]

Měřené veličiny na přístroji TOGMETER

Tepelná odolnost R

Je definována jako poměr rozdílu teploty mezi dvěma stranami zkušebního vzorku vůči rychlosti teplého vzduchu na jednotku plochy. Jednotkou tepelné vodivosti je $[\text{m}^2\cdot\text{K/W}]$ (jednotka používaná v textilním oboru $1\text{TOG} = 0,1 [\text{m}^2\cdot\text{K/W}]$).

Tepelná vodivost K

Je definována jako množství tepla, které projde přístrojem za jednotku času přes jednotku plochy desky o nekonečném rozměru a tloušťce jednotky, jestliže existuje rozdíl teploty mezi stranami desky. Jednotkou je $[\text{W/m}\cdot\text{K}]$. Pro plochý materiál je tepelná vodivost dána vztahem: $R = \frac{d}{K}$ (d je tloušťka desky). [15]

Platí:

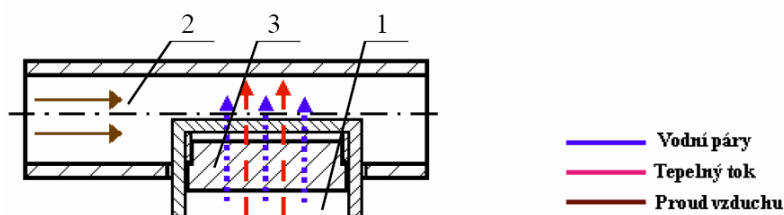
$$p = 100 \left(\frac{p_1}{p_0} \right) [\%] \quad (4)$$

kde:

p_0 je maximální ustálená hodnota propustnosti před vložením vzorku do přístroje

p_1 je maximální ustálená hodnota propustnosti po vložení vzorku do přístroje

Obrázek č. 24: Měřící hlavice přístroje PERMETEST



Zdroj: [1]

2.6.5 Přístroj k měření termofyzikálních vlastností – ALAMBETA

Název přístroje: ALAMBETA

Popis přístroje: Přístroj ALAMBETA je určen k měření termofyzikálních parametrů textilií. Naměřené hodnoty slouží k posouzení tepelně vodivostních vlastností textilií.

Měřené veličiny na přístroji ALAMBETA

Tepelný tok

Tepelný tok q je množství tepla šířící se z hlavice přístroje o teplotě t_2 do textilie o počáteční teplotě t_1 za jednotku času.

Měrná tepelná vodivost

Součinitel měrné tepelné vodivosti λ představuje množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1K. S rostoucí teplotou teplotní

vodivost klesá, výsledná hodnota se dělí 10^3 . Materiály, které mají vysokou hodnotu λ se označují jako vodiče, materiály s nízkou hodnotou λ se označují jako izolátory. Nejmenší tepelnou vodivost mají materiály z velmi jemných vláken. Průměr vláken a tloušťka tepelnou vodivost zvyšují. [2]

Plošný odpor vedení tepla

Plošný odpor vedení tepla r je dán poměrem tloušťky materiálu a měrné tepelné vodivosti. Udává, jaký odpor klade materiál proti průchodu tepla textilií. Čím nižší je tepelná vodivost tím vyšší je tepelný odpor, hodnotu udávanou přístrojem Alambeta je nutno dělit 10^3 . Z výše uvedeného vyplývá, že nízká tepelná vodivost a vysoký tepelný odpor charakterizují tepelnou izolaci. [2]

$$r = \frac{h}{\lambda} \quad (5)$$

Měrná teplotní vodivost

Měrná teplotní vodivost vyjadřuje schopnost látky vyrovnat teplotu. Čím je hodnota vyšší, tím se látka rychleji vyrovnává, hodnota na displeji přístroje se dělí 10^6 .

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (6)$$

Tepelná jímavost

Tepelná jímavost b je jediný parametr, který charakterizuje tepelný omak a představuje množství tepla, které proteče při rozdílu teplot 1K jednotkou plochy za jednotku času v důsledku akumulace tepla v jednotkovém objemu.

Jako chladnější pocítíme ten materiál, který má větší absorpční schopnost (větší b). Tepelná jímavost je jediná vlastnost materiálu, která charakterizuje tepelný omak. [2]

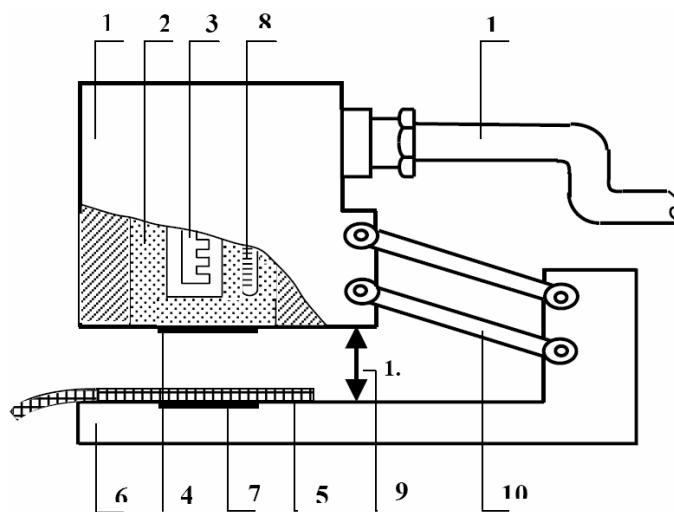
$$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c} \quad (7)$$

Poměr maximálního a ustalého teplého toku

Poměr maximálního a ustalého teplého toku p

$$p = \frac{q_{MAX}}{q_s} \quad (8)$$

Obrázek č. 25: Schéma měřicího přístroje ALAMBETA



Popis přístroje: Na základnu přístroje 6 (spodní část), který je vyhříván na teplotu okolí, se položí měřený vzorek 5. Hlavice 1, která je vyhřívána na teplotu o cca 10°C vyšší (obvykle 33°C, tj. teplota kůže lidského těla), než je teplota okolí, se spustí a snímače tepelného toku 4 a 7 měří tepelné toky mezi jednotlivými povrchy. Současně je změřena i tloušťka materiálu h , jako vzdálenost měřících hlav. Součástí základny přístroje je termostat a teploměr, součástí měřící hlavice je teploměr 8, topné těleso 3, termostat 2 a tepelná izolace.

Před vlastním měřením je důležité nechat nejprve klesnout měřící hlavici bez vložení vzorku, kdy si přístroj nastaví tloušťku $h_0 = 0$. [2]

Zdroj: [2]

2.6.6 Digitální tloušťkoměr

Název přístroje: Digitální tloušťkoměr SDL M034A

Popis přístroje: Přístroj je určen pro měření tloušťky textilií od 0,01 – 50 mm, které je stanoveno jako měření kolmé vzdáleností mezi základní deskou, na které je vzorek umístěn a kruhovým přitlačným kotoučem. Přístroj je vybaven přitlačnou patkou 20 a 100 cm² a je možno aplikovat sílu 0,1-2000 N. Průběh měření a zpracování výsledků je řízen pomocí počítačového softwaru. Tento přístroj byl použit pro měření tloušťky materiálu pod tlakem 6,91 Pa. Tloušťka materiálu byla použita pro přístroj Togmetr.

Měřená veličina na tloušťkoměru

Tloušťka materiálu od 0,01 mm do 50 mm. [21]

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V experimentální části diplomové práce jsem se zaměřila na popis postupů jednotlivých typů metodik zkoušení na různých přístrojích. Zabývám se zde podrobným rozбором zkoušených vzorků materiálů, jejich materiálovým složením, vazbou, tloušťkou, plošnou měrnou hmotností, speciálními úpravami a výrobcem. Dále vyhodnocením výsledků měření, porovnání hodnot stejných fyziologických vlastností měřených na různých přístrojích a výpočtem reálné fyziologické vlastnosti R_{et} .

3.1 POUŽITÉ DRUHY MATERIÁLŮ

Byly vybrány materiály různých firem, materiálových složení, konstrukcí, vazeb. Tyto materiály byly zkoušeny jednotlivě, ale také jako vrstvené s první a druhou funkční vrstvou.

Body Comfort (firma Jitex a.s.)



Výrobek firmy Body Comfort je vyroben ze 100% polypropylenového vlákna PROLENVEL s nízkou specifickou váhou, nízkou navlhavostí a s výbornou schopností transportovat vlhkost směrem od pokožky ven do dalších vrstev oděvu. V diplomové práci byl použit jako první funkční vrstva odvádějící pot od pokožky. Vláknó PROLENVEL je s příčným řezem kruhovým nebo profilovaným (třílaločný, delta), tvarovaný nepravým zákrutem S nebo Z. Jeho měrná hmotnost je $0,91 \text{ g.cm}^{-3}$ a nasákavost 0,01% při relativní vlhkosti 65%.

Body Comfort:	
Druh:	pletenina
Materiálové složení:	100 % PP
Vazba:	zátažná obouliční
Plošná měrná hmotnost:	134 g/m^2
Tloušťka materiálu:	1,1 mm
Hustota sloupků:	16 cm^{-1}
Hustota řádků:	20 cm^{-1}

Polartec classic (firma Malden Mills)



Polartec classic (fleece) je nejčastěji používán jako druhá vrstva oděvu, přes kterou pot prochází, vyrobený ze 100% polyesterového vlákna. Je lehký, teplý, prodyšný, rychleschnoucí. Má hustý vlas a zaplštěný povrch, obsahuje velké množství vzduchu, proto má výborné termoizolační vlastnosti. V diplomové práci byl použit jako druhá tepelně izolační vrstva oděvu.

Polartec	
Druh:	pletenina
Materiálové složení:	100 % PP
Vazba:	zátažná jednolícni s vlasem
Plošná měrná hmotnost:	248 g/m ²
Tloušťka materiálu:	1,8 mm
Hustota sloupků:	18 cm ⁻¹
Hustota řádků:	19 cm ⁻¹

Dermizax EVTM (firma TORAY, Japonsko)

Jedná se o třívrstvý laminát Japonské firmy TORAY, který se skládá ze svrchní polyamidové tkaniny, polyuretanové ultralehké membrány DERMIZAX EVTM, vyznačující se vysokou odolností vůči vodnímu tlaku a mající pevně nalaminovanou podšívku zabraňující mechanickému poškození membrány.

Rozbor vzorku materiálu Toray 3v:		
vazba:	svrchní tkanina:	odvozenina plátňové vazby
	spodní pletenina:	osnovní trikotová vazba
materiálové složení:	svrchní materiál:	100 % PA
	spodní materiál:	100 % PA
plošná měrná hmotnost:	146 g/m ²	
tloušťka:	0,29 mm	
výrobce:	TORAY, Japonsko	
membrána:	Dermizax EV TM – hydrofilní polyuretanová (PU)	

Gore – Tex 2v

Jedná se o dvouvrstvý laminát od firmy W. L. Gore & Associates v keprové vazbě ze 100 % PA. Použitá membrána je mikroporézní.



Rozbor vzorku materiálu GoreTex 2v:		
vazba:	svrchní tkanina:	odvozenina keprové vazby
materiálové složení:	svrchní materiál:	PL
plošná měrná hmotnost:	g/m ²	
tloušťka:	0,28 mm	
výrobce:	W. L. Gore & Associates	
membrána:	polytetrafluoroethylen (PTFE)	

Gore – Tex 3v

Jedná se o třívrstvý laminát od firmy W. L. Gore & Associates v keprové vazbě, který se skládá z mikroporézní membrány svrchní tkaniny v keprové vazbě a spodní pleteniny v trikotové vazbě.

Rozbor vzorku materiálu GoreTex 3v:		
vazba:	svrchní tkanina:	odvozenina keprové vazby
	spodní pletenina:	osnovní trikotová vazba
materiálové složení:	svrchní materiál:	100 % PL
	spodní materiál:	100 % PL
plošná měrná hmotnost:	204 g/m ²	
tloušťka:	0,46 mm	
výrobce:	W. L. Gore & Associates	
membrána:	mikroporézní membrána z polytetrafluoroethylen (PTFE)	

SympaTex 2v

Výrobce uvádí, že SympaTex PROFESSIONAL 2v je vynikajícím prostředkem pro speciální nároky a požadavky pro ty, kteří milují pobyt v přírodě.

Rozbor vzorků materiálů SympaTex 2v:		
vazba:	svrchní tkanina:	odvozenina plátňové vazby
materiálové složení:	svrchní materiál:	100 % PL
plošná měrná hmotnost:	105 g/m ²	
tloušťka:	0,17 mm	
výrobce:	Sympatex Technologies	
membrána:	hydrofilní membrána z PL	

SympaTex 2,5v

Sympatex PHASEABLE je produkt s 2,5 vrstvenou laminací, který je schopen kombinovat výhody 2 a 3v tkanin. Je odolný proti opotřebení a vykazuje optimální prodyšnost. Je stejně lehký jako 2v tkanina a odolný vůči opotřebení jako tkanina 3v. Pěnové trojúhelníky uvnitř se přizpůsobují míře aktivity a tepelnému profilu uživatele.

Rozbor vzorků materiálů SympaTex 2,5:		
vazba:	svrchní tkanina:	odvozenina plátňové vazby
materiálové složení:	svrchní materiál:	100 % PL
	spodní materiál:	pěnové trojúhelníky
plošná měrná hmotnost:	130 g/m ²	
tloušťka:	0,21 mm	
výrobce:	Sympatex Technologies	
membrána:	hydrofilní membrána 60% PL/ 40% PU	

SympaTex 3v:

Sympatex PROFESSIONAL 3v. Vyniká dobrou voděodolností a prodyšností. Jedná se o třívrstvý materiál složený ze svrchní tkaniny v plátňové vazbě hydrofilní membrány a spodní pleteniny v osnovní trikotové vazbě.

Rozbor vzorků materiálů SympaTex 3v:		
vazba:	svrchní tkanina:	odvozenina plátňové vazby
	spodní pletenina:	osnovní trikotová vazba
materiálové složení:	svrchní materiál:	100 % PL
	spodní materiál:	100 % PL
plošná měrná hmotnost:	140 g/m ²	
tloušťka:	0,26 mm	
výrobce:	Sympatex Technologies	
membrána:	hydrofilní membrána 100 % PL	

Polymax 3v

Jedná se o neznačkovou verzi materiálu Sympatex Professional 2v. Polymax se od značkové verze vizuálně liší tím, že má tutéž membránu, ale s bílým pigmentem.

Rozbor vzorků materiálů Polymax 2v:		
vazba:	svrchní tkanina:	odvozenina plátňové vazby
materiálové složení:	svrchní materiál:	100 % PL
plošná měrná hmotnost:	105 g/m ²	
tloušťka:	0,17 mm	
výrobce:	Sympatex Technologies	
membrána:	hydrofilní membrána SympaTex 100% PL	

3.2 POSTUPY MĚŘENÍ NA JEDNOTLIVÝCH PŘÍSTROJÍCH

3.2.1 Postup měření prodyšnosti vzduchu na přístroji SDL M021S

Podmínky měření:

teplota okolí:	22 °C
relativní vlhkost:	62,8 %
plocha kruhového držáku:	20 cm ²
tlakový spád:	10 – 1000 Pa

Na tomto přístroji bylo provedeno měření propustnosti vzduchu plošných textilií. Přístroj je umístěn v plně klimatizované laboratoři COMFORTU na katedře oděvnictví TU v Liberci. Bylo provedeno 10 měření každého typu materiálu a z těchto měření se vypočítal aritmetický průměr. Vzorky měly velikost 15 x 15 cm a byly před zkoušením klimatizovány. Vzorky byly upnuty do držáku lícem nahoru, tento způsob představuje odolnost vůči pronikání větru z okolního prostředí.

Podstata zkoušky spočívala v měření rychlosti vzduchu, procházejícího kolmo danou plochou plošné textilie při stanoveném tlakovém spádu podle ČSN ISO EN 9237 (80 0817). Vzorek byl upnut do kruhového držáku s dostatečným napětím, aby se zabránilo pomačkání, lícem nahoru. Dále byl sešlápnut pedál nasávacího zařízení – vzduch se nasával přes vzorek. Průtok vzduchu v [ml/s] byl zaznamenán plovákem v průtokoměru po 1 minutě nebo dokud se nedosáhlo trvalého stavu. Propustnost vzduchu R byla vypočítána pomocí vztahu:

$$R = \frac{\overline{q_v}}{A} * 10^{-2} \quad (9)$$

kde $\overline{q_v}$ aritmetický průměr rychlosti průtoku vzduchu v [ml/s]

..... A zkoušená plocha textilie v [cm²]

..... 10 přepočítávací faktor z [ml/s cm²] na [m/s]

Poznámka: Obrázek přístroje SDL M021S je v příloze číslo 1.

3.2.2 Postup měření propustnosti vodních par na přístroji PERMETEST

Podmínky měření:

teplota okolí:	21,5 °C
relativní vlhkost:	56,8 %
rozměry vzorku:	12 x 12 cm
tloušťka vzorku:	0,17 – 3,39 mm
rychlost posuvu papíru:	0,25 mm/s
rozsah stupnice:	2 mV
rychlost proudění vzduchu:	1,5 m/s

Na tomto přístroji byla provedena propustnost vodních par. Přístroj je umístěn v plně klimatizované laboratoři COMFORTU na katedře oděvnictví TU v Liberci. Byly provedeny vždy tři měření každého typu vrchového materiálu, vrstvení Body Comfortu a Polartecu s vrchovým materiálem a měření samotného Body Comfortu a Polartecu. Vzorky měly velikost 12x12 cm a byly před zkoušením klimatizovány. Vzorky byly orientovány lící stranou nahoru. Tato metoda je nedestruktivní.

Po zapnutí přístroje se musela sladit teplota měřící hlavy s teplotou vnějšího okolí na $(22 \pm 2^\circ\text{C})$. Zapisovač na přístroji se vynuloval, zvolil se rozsah citlivosti 2mV a rychlost posuvu papíru 0,25 mm/s. Měřící hlava byla zvlhčena (0,05 – 0,2 ml) destilované vody se smáčecím prostředkem a rozetřena po celé ploše. Po ustálení stavu na zapisovači byla odečtena maximální hodnota na měřítku zapisovače p_0 [mV]. Vzorek materiálu byl vložen mezi měřící hlavici a vzduchový kanál, po ustálení vzorku byla odečtena maximální hodnota na měřítku zapisovače p_1 [mV]. Tento postup se opakoval pro všechny materiály vrstvené nebo samostatné. Dále byly vypočítány hodnoty relativní propustnosti vodních par materiálem pomocí vztahu:

$$p = 100 \left(\frac{p_1}{p_0} \right) [\%] \quad (10)$$

kde

p_0 je maximální ustálená hodnota propustnosti před vložením vzorku do přístroje,

p_1 je maximální ustálená hodnota propustnosti po vložení vzorku do přístroje.

Poznámka: Obrázek přístroje PERMETEST je v příloze číslo 1.

3.2.3 Postup měření tepelné odolnosti na přístroji TOGMETER

Podmínky měření:

teplota okolí:	21,5 °C
relativní vlhkost:	63,4 %
průměr vzorku:	Ø 330 mm
tloušťka vzorku:	0,17 – 3,39 mm

Na přístroji Togmeter jsou možné dvě metody měření tepelné odolnosti. První je metoda se dvěma deskami. Druhý typ měření je metoda s jednou deskou. Pro měření tepelné odolnosti byla zvolena metoda první se dvěma deskami. Vzhledem k velké časové náročnosti měření na tomto přístroji, byly provedeny 3 měření každého typu materiálu. Kruhové vzorky o průměru 330 mm před zkoušením byly 24 hodin klimatizovány.

U metody měření se dvěma deskami je nutno udržet stálou teplotu termoelektrických bodů T1, T2, T3 po dobu nejméně 30 minut před tím, než se provede samotná zkouška. Kolísání na teplotních čidlech nesmí během této doby přesáhnout 0,1 °C. Klimatizovaný vzorek textilie se pokládá na vyhřívanou desku a na něj je položena studená deska pod tlakem 6,9 Pa. Na tloušťkoměrech se nastaví tloušťka textilie. Po ustálení teploty (cca 3 hodiny) se zaznamená teplota čidel T1, T2, T3 s přesností na 0,1 °C. Dále byl vypočten tepelný odpor podle vztahu:

$$R_f = \left(\frac{\theta_2' - \theta_3'}{\theta_1' - \theta_2'} - \frac{\theta_2 - \theta_3}{\theta_1 - \theta_2} \right) * R_s \quad (11)$$

kde R_s je tepelný odpor „standardu“ (pro přístroj na KOD je 0,112 m²K/W)

..... R_f tepelný odpor zkušební vzorku (m²K/W)

- θ_1 teplota zaznamenaná čidlem T1 (°C) po vložení vzorku
- θ_2 teplota zaznamenaná čidlem T2 (°C) po vložení vzorku
- θ_3 teplota zaznamenaná čidlem T3 (°C) po vložení vzorku
- θ_1 teplota zaznamenaná čidlem T1 (°C) před vložení vzorku
- θ_2 teplota zaznamenaná čidlem T1 (°C) před vložení vzorku
- θ_3 teplota zaznamenaná čidlem T1 (°C) před vložení vzorku

Poznámka: Obrázek přístroje TOGMETR je v příloze číslo 1.

3.2.4 Postup měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám na přístroji SKIN MODEL

Podmínky měření tepelné odolnosti R_{ct}:

teplota okolí:	21 °C
relativní vlhkost:	64 %
rozměry vzorku:	280 x 280 mm
rychlost proudění vzduchu:	1 m/s
výhřevnost H:	3,8 – 8,53 W
teplota povrchu jednotky T _m :	35°C

Podmínky měření odolnosti vůči vodním parám R_{et}:

teplota okolí:	21 °C
relativní vlhkost:	40 %
rozměry vzorku:	280 x 280 mm
rychlost proudění vzduchu:	1 m/s
výhřevnost H:	5,81 – 13,69 W
teplota vzduchu ve stroji T _a :	35°C
teplota povrchu jednotky T _m :	35°C

Na tomto přístroji byla naměřena tepelná odolnost R_{ct} a odolnost vůči vodním parám R_{et}. Přístroj je umístěn v klimatizované laboratoři katedře oděvnictví. U každého

typu materiálu byly provedeny vždy tři měření vrstvení Body Comfort a Polartec s vrchovým materiálem a měření samotného Body Comfort a Polartec. Vzorky měly velikost 280 x 280 mm a byly před zkoušením 12 hodin klimatizovány. Vzorky byly orientovány lící stranou nahoru.

Přístroj je řízen pomocí počítačového softwaru. Při měření byl testovaný materiál upevněn pomocí dvou rámečků na měřicí podložku a zakryt víkem (při měření odolnosti vůči vodním parám je nutné vložit na vyhřívanou desku celofánovou membránu, propouštějící vodní páry, ale nepropouštějící vodu). Průběh měření, monitorování podmínek včetně výpočtu měření bylo provedeno pomocí počítače. Výsledky měření jsou zobrazeny na monitoru počítače.

Poznámka: Obrázek přístroje SKIN MODEL je v příloze číslo 1.

3.2.5 Postup měření fyziologických vlastností na přístroji ALAMBETA

teplota okolí:	23,2 °C
relativní vlhkost:	33 %
rozměry vzorku:	150 x 150 mm
přítlak hlavice:	400 Pa
doba měření:	10 – 100 sec.

Na tomto přístroji byly měřeny vlastnosti měrná tepelná vodivost, měrná teplotní vodivost, tepelná jímavost, plošný odpor vedení tepla a tloušťka materiálu. Alambeta je umístěna na katedře oděvnictví TUL. Bylo provedeno pět měření každého typu vrchového materiálu. Dále také vrstvení Body Comfort a Polartecu s vrchovým materiálem a měření samotného Body Comfort a Polartec. Vzorky měly velikost 150 x 150 mm. Měřené vzorky byly orientovány lící stranou dolů. Tato metoda je nedestruktivní.

Po zapnutí přístroje byla samovolně spuštěna měřicí hlavice. Vzorek byl měřen lící stranou dolů. Po vložení vzorku se stisklo tlačítko ST a měřicí hlavice se spustila na měřený vzorek. Naměřená data se ukládala tlačítkem EN do paměti přístroje.

Naměřená data byla zpracována počítačem, který vypočítal aritmetický průměr, variační koeficient a směrodatnou odchylku. Hodnoty se zobrazily na displeji počítače.

Poznámka: Obrázek přístroje ALAMBETA je v příloze číslo 1.

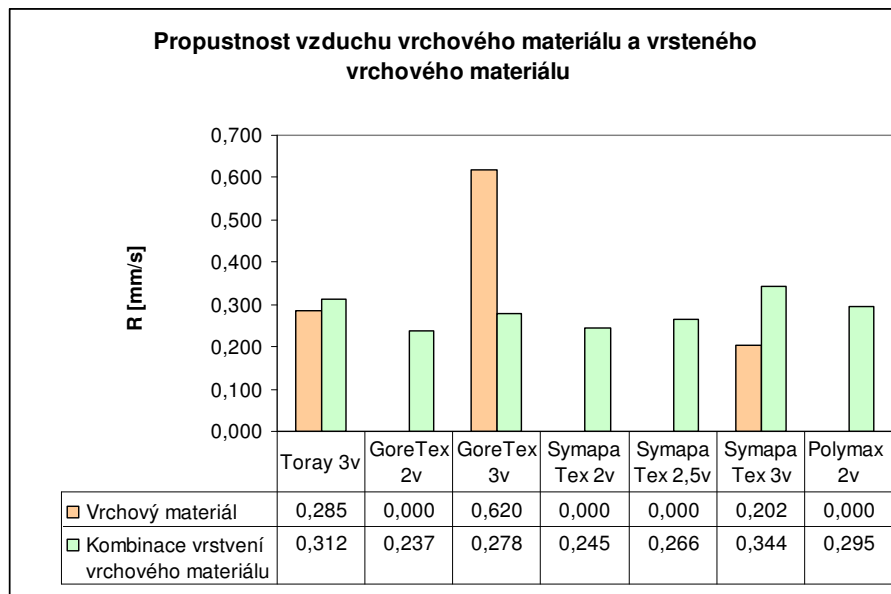
3.3 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

3.3.1 Vyhodnocení výsledků prodyšnosti na přístroji SDL M021S

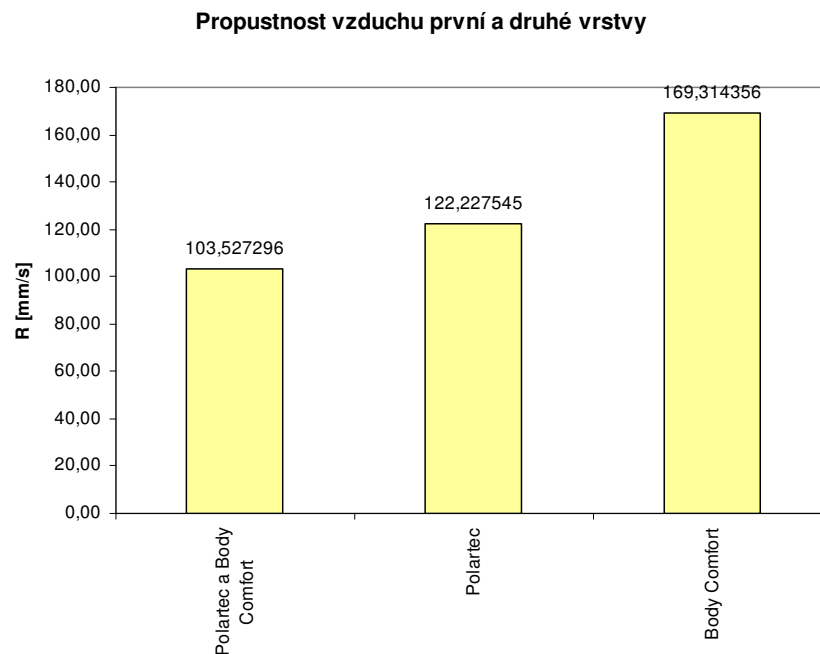
Měření na tomto přístroji byla bohužel zatížena velkou nepřesností. Tato nepřesnost je dána konstrukcí přístroje. Zkoušený vzorek se upíná ručně do kruhového držáku, proto nelze vyvinout potřebný tlak na ochranný prstenec, který zabraňuje pronikání vzduchu na okrajích tkaniny do okolního prostředí.

Při měření propustnosti vzduchu u vrchového materiálu se výsledky hodnot dvouvrstvých a třívrstvých materiálů lišily. Při měření třívrstvých materiálů (Toray 3v, GoreTex 3v, SympaTex 3v) byla vždy naměřena minimální propustnost vzduchu. U dvouvrstvých materiálů (GoreTex 2v, SympaTex 2v, Polymax 2v) byly hodnoty propustnosti vzduchu nulové. Stejně tak vykazoval nulové hodnoty materiál SympaTex 2,5v. Vezmeme-li v úvahu fakt, že některé dvouvrstvé a třívrstvé materiály jednoho výrobce mají stejnou membránu, muselo nutně docházet k chybě při měření. Všechny typy vrchových materiálu byly měřeny při tlakovém spádu 1000 Pa.

Při měření stejných vrchových materiálu vrstvených s materiály Polartec a Body Comfort byla vždy naměřena určitá propustnost vzduchu. Samostatný dvouvrstvý vrchový materiál měl naměřenou nulovou propustnost vzduchu, ale navrstvený s dalšími materiály už zaznamenával určitou propustnost. Proto lze konstatovat, že při zvětšující se tloušťce materiálu dochází k většímu úniku vzduchu do okolního prostředí přes ochranný prstenec kruhového držáku. Se zvětšující se tloušťkou materiálu se výrazně zvětšuje nepřesnost měření. Proto, i když samostatná membrána nepropustí žádný vzduch, tak samotné vrstvení a tloušťka materiálu výrazně zvětšují a ovlivňují únik vzduchu do okolí a způsobují nepřesnost měření.

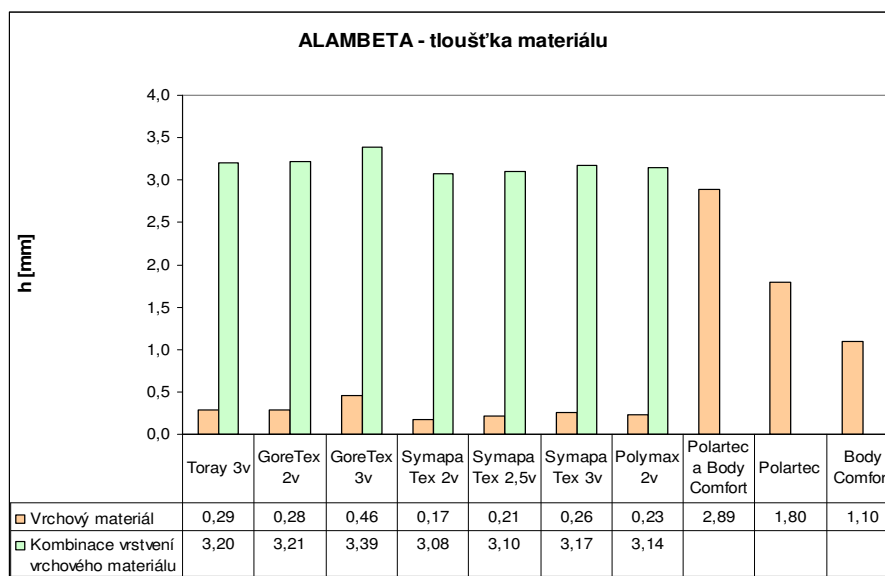


Poznámka: Samostatný vrchový materiál byl měřen při tlakovém spádu 1000 Pa
Kombinace vrstvení vrchového materiálu s Polartec a Body Comfort byla měřena při tlakovém spádu 30 Pa.



Poznámka: Materiály Polartec a vrstvení Polartec s Body Comfort byly měřeny při tlakovém spádu 30 Pa. Samotný Body Comfort při tlakovém spádu 10 Pa.

Graf zavidlosti tloušťky znázorňuje vliv vrstvení a tloušťky materiálu na nepřesnost měření. Se zvětšující se tloušťkou materiálu se výrazně zvětšuje pravděpodobnost úniku vzduchu do okolí.



Závěrem lze konstatovat, že měření propustnosti vzduchu na přístroji SDL MO21S je zcela nevyhovující u vrstvených a velmi silných materiálů. Měření na tomto přístroji lze doporučit v případě odříznutí vrchového materiálu a pleteniny na samotnou membránu a tímto vyloučit vlivy vrstvení na nepřesnost naměřených hodnot. Případně se pokusit najít vhodný způsob měření uniklého vzduchu do okolí. Uniklý vzduch se naměří zvlášť a odečte se od výsledku zkoušky.

Poznámka: Pro objektivnější porovnání výsledků byly do grafu zařazeny i hodnoty spodních vrstvených materiálu Polartec, Body Comfort, znázorněné v posledních třech sloupečcích.

3.3.2 Vyhodnocení měření tepelného odporu na přístrojích TOGMETER, SKIN MODEL a ALAMBETA

Plošný odpor vedení tepla byl naměřen na třech různých přístrojích na katedře oděvnictví. Cílem měření tepelného odporu na přístrojích Alambeta, Skin model a Togmeter bylo zjištění možných rozdílů R_{ct} vrchových i vrstvených membránových materiálů v závislosti na použitém druhu měřicího zařízení. Při měření tepelného odporu na přístroji Alambeta přístroj hlásil chybu E34 u všech nevrstvených membránových materiálu. Tato chyba znamená, že tloušťka materiálu $h < 0,5$ mm a proto výsledky nemusí být přesné. Pokud byly měřeny vrchové materiály vrstvené s materiálem Polartec a Body Comfort nebo samotný Polartec a Body Comfort, přístroj nezaznamenal žádnou chybu. Stejně tak při měření na přístrojích Skin model a Togmetr nebyla zaznamenána žádná další chyba.

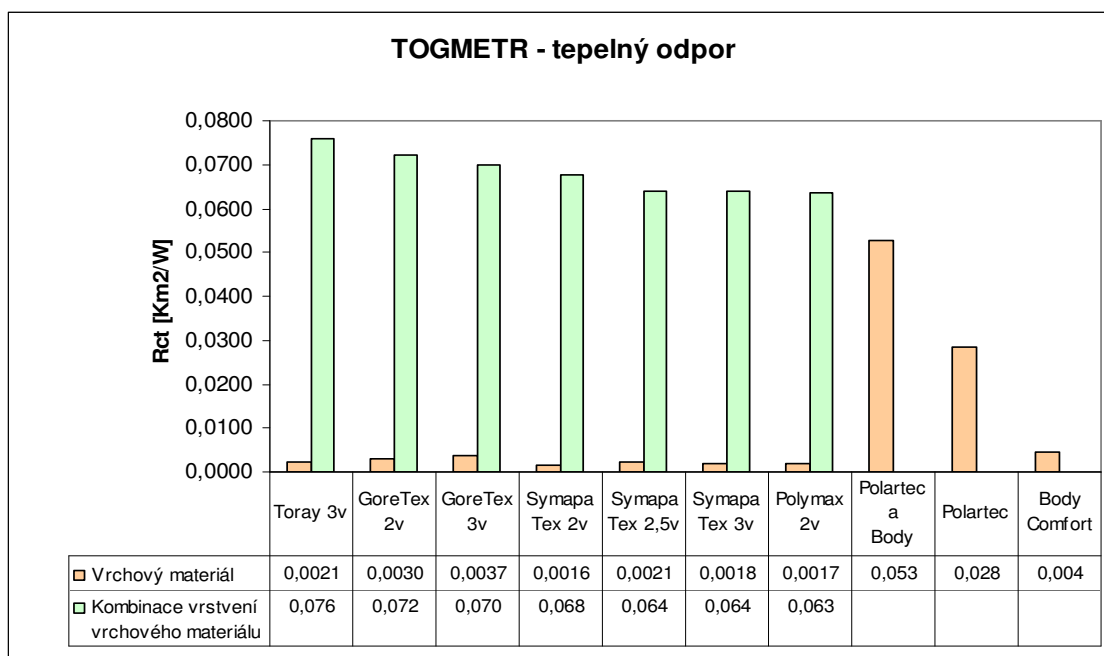
Měřením bylo zjištěno, že vrstvením materiálu se výrazně mění hodnota R_{ct} . Největší tepelný odpor na přístrojích Togmetr a Skin model měl vrstvený materiál Toray 3v, na přístroji Alambeta byl nejvyšší tepelný odpor zaznamenán u vrstveného materiálu Goretex 3v. Naopak nejnižší hodnoty tepelného odporu vykazovaly vrstvené materiály Sympatex 2,5v, Sympatex 3v na přístrojích Togmetr a Skin model. Nízkou hodnotu měl také vrstvený materiál Polymax 2v na přístroji Togmetr. U přístroje Alambeta byla zaznamenána nejnižší hodnota tepelného odporu u vrstveného materiálu Sympatex 2v. Zvýšenou hodnotu R_{ct} nejvýrazněji ovlivňuje druhá vrstva oděvu Polartec (fleece) na rubové straně s počesaným vlasem. Díky tomu ve své struktuře udržuje velké množství vzduchu a výborně izoluje. Tento fleece navrstvený spolu s první vrstvou (funkční pleteninou) dominantně ovlivňují celkové hodnoty R_{ct} navrstvených materiálů, které reagovaly vrstvením výrazně podobně na výsledný tepelný odpor.

Porovnání naměřených materiálů na přístrojích Togmetr, Skin model, Alambeta. Při měření vrstvených materiálu se hodnoty R_{ct} výrazně nelišily. Zajímavé bylo ale zjištění, že hodnoty R_{ct} všech vrstvených materiálu byly na přístroji Skin model mírně vyšší. A naopak na přístroji Alambeta mírně nižší oproti měření na přístroji Togmetr. A to také v případě, že byl měřený samotný materiál Polartec a

vrstvený Polartec s funkční pleteninou Body Comfort. Při měření samotné pleteniny Body Comfort se tento problém nevyskytoval. Je tedy možné, že na tuto mírnou odchylku má vliv nejtlustší vrstva oděvu Polartec.

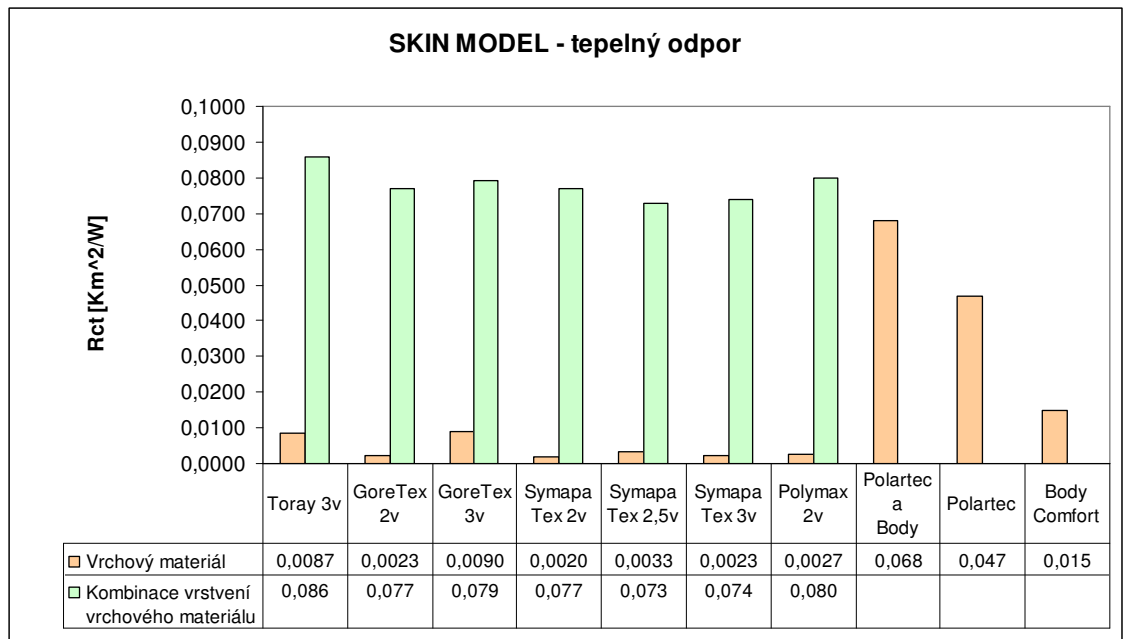
Při měření samotného vrchového materiálu nedocházelo k výrazným odlišnostem. Nejvyšší hodnoty R_{ct} na všech vrchových materiálech vykazoval přístroj Alambeta, ale zde byly hodnoty naměřeny s výše uvedenou chybou E34. Hodnoty R_{ct} byly na přístrojích Togmetr a Skin model u většiny materiálu podobné. Za nejpřesnější lze považovat přístroj Togmetr, který měl časově nejnáročnější a nejcitlivější měření.

Graf tepelného odporu na přístroji TOGMETR

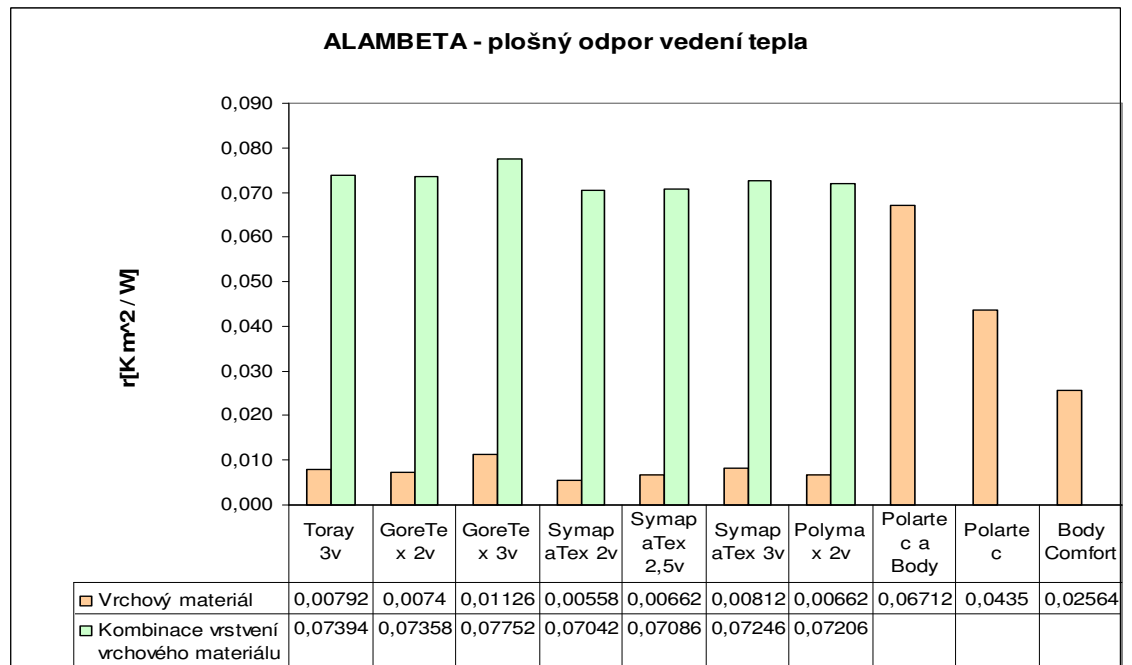


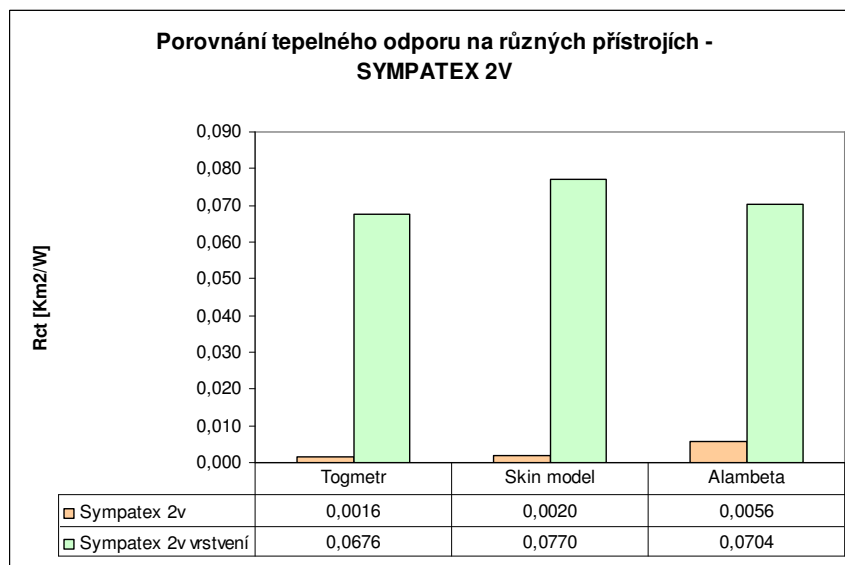
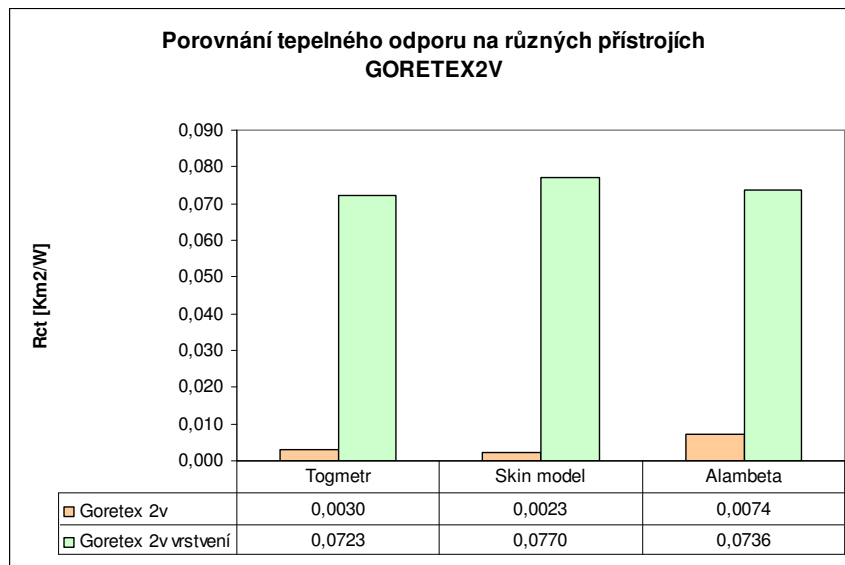
Poznámka: Pro objektivnější porovnání výsledků byly zařazeny do grafu i hodnoty samotných vrstvených materiálu Polartec, Body Comfort, znázorněné v posledních třech sloupečcích.

Graf tepelného odporu na přístroji SKIN MODEL



Graf tepelného odporu na přístroji ALAMBETA



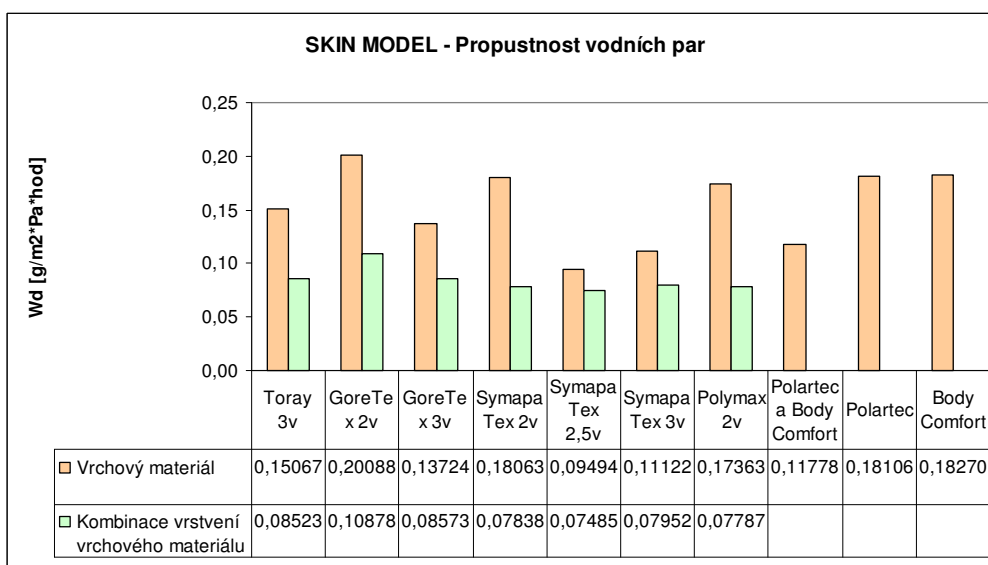
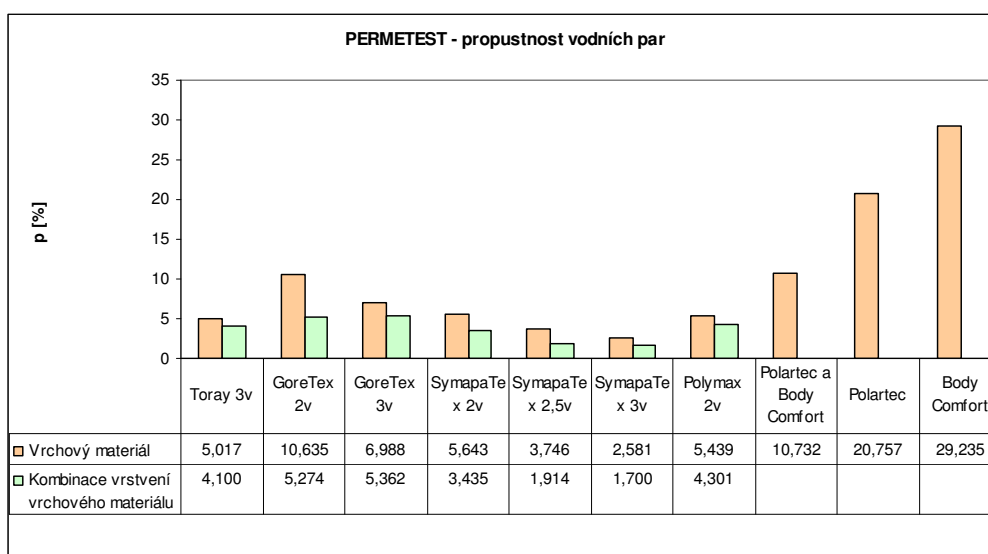


Poznámka: Vzhledem k velkému množství měřených materiálu byly vybrány grafy vytypovaných materiálu. Ostatní grafy jsou v příloze číslo 4.

Hodnoty samostatných vrchových materiálu na přístrojích Togmetr a Alambeta byly získány z DP Suchomelová, L.: Fyziologické vlastnosti oděvních materiálu porovnání metod měření a přístrojů, TUL, 2006

3.3.3 Vyhodnocení měření propustnosti vodních par na přístrojích PERMETEST A SKIN MODEL

Propustnost vodních par byla měřena na přístrojích Permetest a Skin model. Skin model udával odolnost vůči vodním parám R_{et} . Čím nižší je tato hodnota tím vyšší je propustnost vodních par. Na přístroji Permetest byla měřena propustnost vodních par. Hodnoty odolnosti vůči vodním parám R_{et} byly pomocí vzorce (3) převedeny na hodnoty propustnosti vodních par. To vše pro objektivnější porovnání výsledků. Proto čím je vyšší hodnota propustnosti vodních par, tím je lepší propustnost vodních par.



Měřením bylo prokázáno, že nejlepší propustnost vodních par na obou přístrojích měl materiál Goretex 2v. Dobrá propustnost vodních par byla zaznamenána také u materiálů Polymax 2v, Sympatex 2v a Toray 3v. Na přístroji Permetest velmi dobrých výsledků dosahoval také materiál Goretex 3v. Nejhoršími výsledky propustností vodních par se vyznačovaly materiály Sympatex 2,5v a Sympatex 3v.

Dále byl hodnocen vliv vrstvení na změnu hodnoty propustnosti. Vrstvením se hodnoty propustnosti vodních par zhoršovaly a vyrovnávaly. Z tohoto lze usuzovat, že vrstvení má zásadní vliv na propustnost vodních par.

Měření propustnosti vodních par na přístroji Permetest se jeví jako méně přesné, výsledky se musely odečíst z grafu a pomocí vzorce (11) vypočítat. Dále dávkování vody se smáčedlem pomocí stříkačky také není zcela přesné.

Poznámka: Pro objektivnější porovnání výsledků byly zařazeny do grafu i hodnoty samotných vrstvených materiálů Polartec, Body Comfort, znázorněné v posledních třech sloupečcích.

Graf s hodnotami odolnosti vůči vodním parám R_{et} a tabulka s převodem hodnot na propustnost vodních par je v příloze číslo 5.

3.4 VÝPOČET REÁLNÝCH FYZIOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ BARIÉROVÝCH TEXTILIÍ

Lidské tělo je nepřetržitým zdrojem tepla. Teplota uvnitř lidského těla se pohybuje okolo 37 °C, zatímco teplota lidské kůže se může pohybovat v rozmezí 31 až 34 °C, podle okolního prostředí. V závislosti na oblečení a vnějším prostředí, se z našeho těla v klidovém stavu odpaří přibližně 50 – 70 g/m² * hod. Již při mírné zátěži, například volná chůze, to však může být 140 - 160 g/m² * hod. Vyšší zátěž může toto množství zvýšit třeba až na 550 a více g/m² * hod. Abychom tedy předešli nepříjemnému pocitu způsobenému přehřátím organismu nebo ztrátou tepla vedením, musí se pot z našeho těla přes vrstvy oblečení odpařovat a přitom se nesmí hromadit uvnitř oblečení, které máme na sobě.

Přes veškeré výhody membrán uvedené v kapitole 2.4.2.1. mají tyto materiály také své nevýhody. Byl vytvořen experimentální výpočet z průměrných hodnot odolnosti vůči vodním parám R_{et} . Pro experiment byly vybrány tři materiály a to materiál s nejvyšší R_{et} , materiál s nejnižší R_{et} a materiál s průměrnou hodnotou. Materiálem s nejnižší odolností vůči vodním parám a tudíž nejpropustnější byl materiál Goretex 2v. Materiálem s nejvyšší odolností vůči vodním parám a tudíž nejméně propustný byl Sympatex 2,5v. Průměrné hodnoty R_{et} vykazoval materiál Toray 3v.

Odolnost vůči vodním parám R_{et} byla pomocí vzorce (3) převedena na propustnost vodních par W_d :

	$R_{et}[m^2Pa/W]$	$W_d [g/m^2*hod*Pa]$
Goretex 2v	7,4	0,20110
Sympatex 2,5v	15,7	0,09478
Toray 3v	9,9	0,15031

Hodnoty propustnosti vodních par závislé na teplotě okolí a relativní vlhkosti $[g/m^2 \cdot hod]$ jsou získané ze vztahu propustnosti vodních par W_d a rozdílu parciálních tlaků: $W_d \cdot (p_m - p_a)$ (12)

kde:

p_aparciální tlak okolního prostředí v Pa při teplotě T_a ,

p_mparciální tlak vodní páry v Pa na povrchu lidské pokožky při teplotě T_m ,

T_mteplota povrchu pokožky v $^{\circ}C$,

T_ateplota vzduchu okolního prostředí ve $^{\circ}C$.

Výpočet propustnosti vodních par byl realizován dvěma způsoby:

**1. Při relativní vlhkosti pokožky $\phi = 100\%$ a teplotě pokožky $35^{\circ}C$
(nasycený tlak vodních par při teplotě $35^{\circ}C$ je 5622 Pa)**

Podmínky výpočtu:

nasycený tlak vodní páry na pokožce p_m :	5620 Pa
teplota povrchu pokožky T_m :	$35^{\circ}C$
relativní vlhkost okolního prostředí:	30 – 100%
parciální tlak okolního prostředí p_a :	186,6 – 12 330,2 Pa
teplota vzduchu okolního prostředí T_a :	0 - $50^{\circ}C$

**2. Při relativní vlhkosti pokožky člověka $\phi = 50\%$ a teplotě pokožky $35^{\circ}C$.
(parciální tlak vodních par je 2639,3 Pa)**

Podmínky výpočtu:

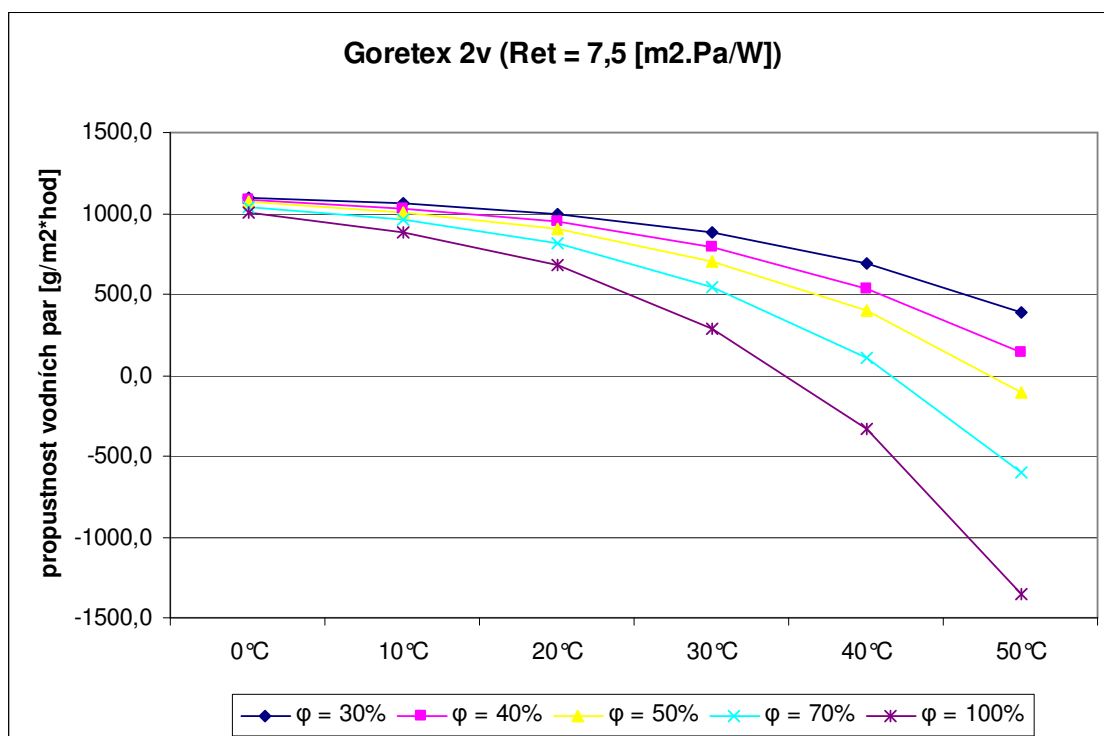
parciální tlak vodní páry na pokožce p_m :	2639,3 Pa
teplota povrchu pokožky T_m :	$35^{\circ}C$
relativní vlhkost okolního prostředí:	30 – 100%
parciální tlak okolního prostředí p_a :	186,6 – 12 330,2 Pa
teplota vzduchu okolního prostředí T_a :	0 - $50^{\circ}C$

Grafické znázornění propustnosti vodních par vybraných vrchových materiálů [g/m²*hod]

1. Při relativní vlhkosti pokožky $\varphi = 100\%$ a teplotě pokožky 35°C
(nasycený tlak vodních par při teplotě 35°C je 5622 Pa)

Goretex 2v (Ret = 7,5 [m².Pa/W])

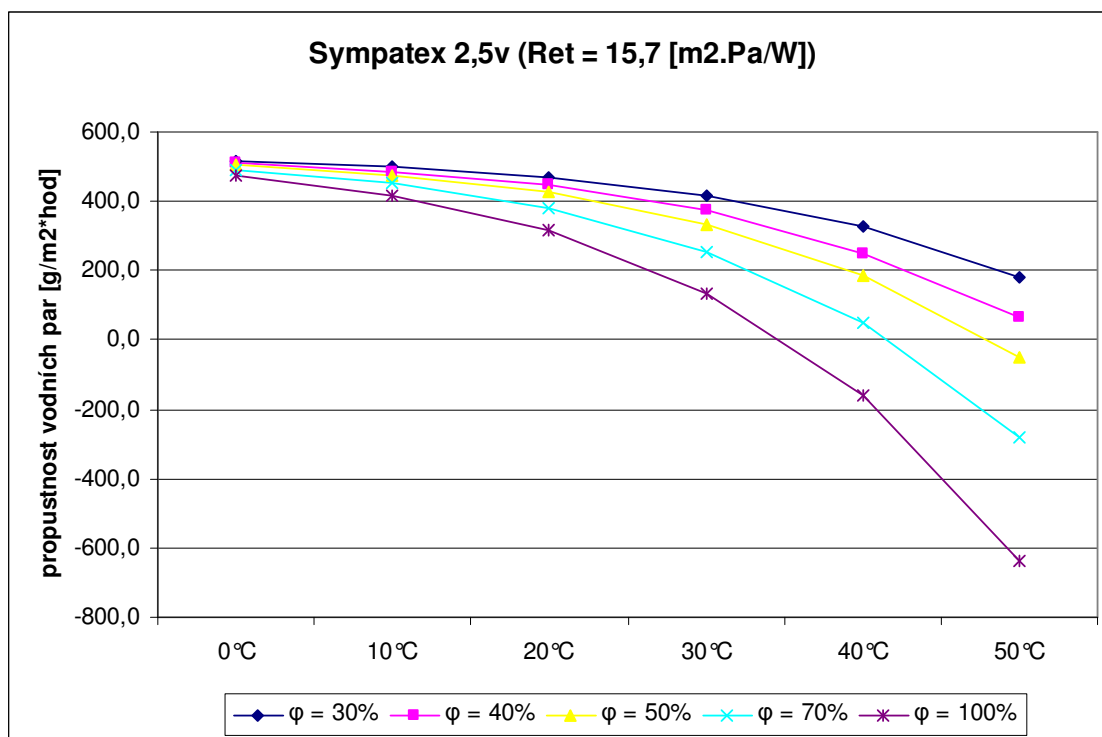
	$\varphi = 30\%$	$\varphi = 40\%$	$\varphi = 50\%$	$\varphi = 70\%$	$\varphi = 100\%$
0 °C	1092,6	1081,9	1068,5	1044,4	1006,9
10 °C	1057,8	1033,7	1006,9	961,3	883,6
20 °C	996,1	950,6	902,3	811,2	674,5
30 °C	878,2	792,4	706,6	540,4	285,8
40 °C	690,6	532,4	395,7	106,2	-336,1
50 °C	385,0	138,3	-108,3	-598,8	-1349,4



Propustnost vodních par při relativní vlhkosti pokožky $\varphi = 100\%$ a teplotě pokožky 35°C

Sympatex 2,5v (Ret = 15,7 [$\text{m}^2\cdot\text{Pa}/\text{W}$])

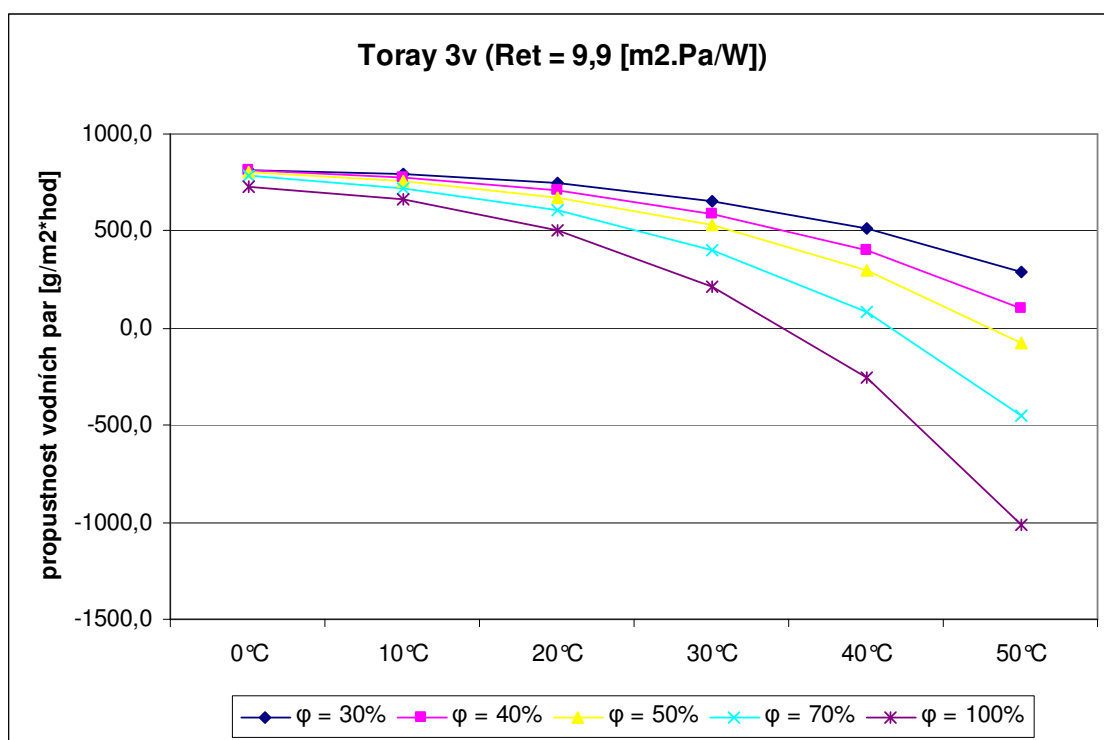
	$\varphi = 30\%$	$\varphi = 40\%$	$\varphi = 50\%$	$\varphi = 70\%$	$\varphi = 100\%$
0°C	515,0	510,0	503,6	492,2	474,5
10°C	498,5	487,2	474,5	453,1	416,4
20°C	469,9	448,0	425,3	382,3	317,9
30°C	413,9	373,5	333,0	254,7	134,7
40°C	325,5	250,9	186,5	50,0	-158,4
50°C	181,5	65,2	-51,0	-282,2	-636,0



Propustnost vodních par při relativní vlhkosti pokožky $\varphi = 100\%$ a teplotě pokožky 35°C

Toray 3v ($\text{Ret} = 9,9 \text{ [m}^2\cdot\text{Pa/W]}$)

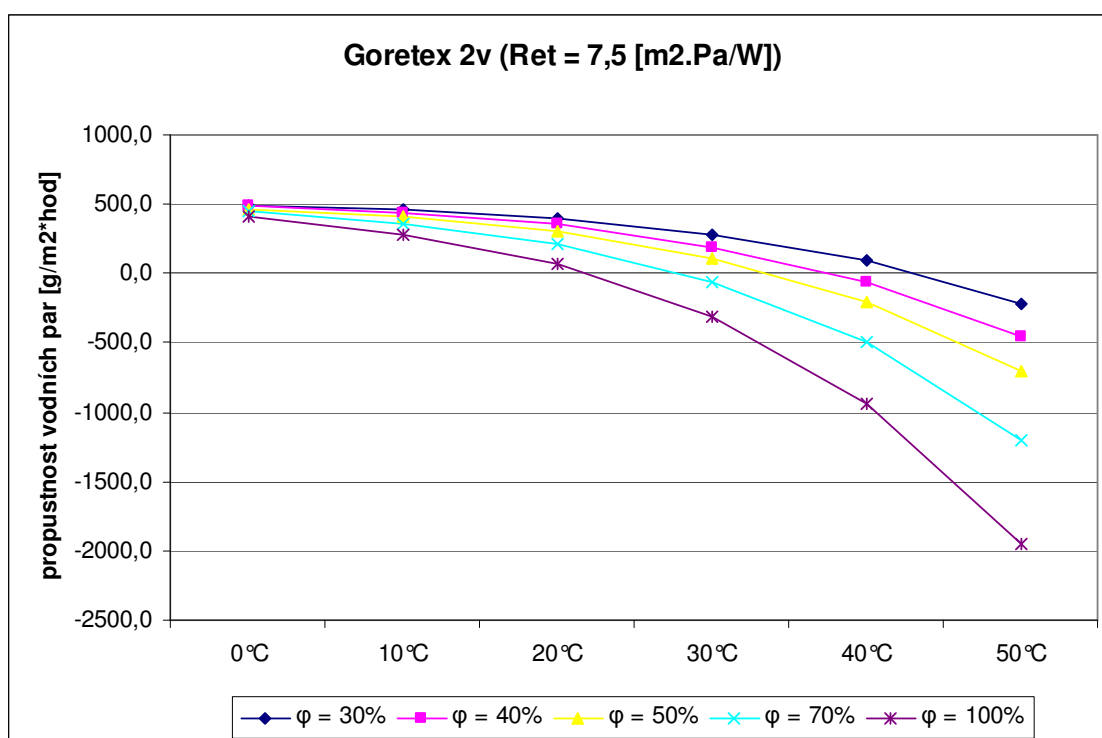
	$\varphi = 30\%$	$\varphi = 40\%$	$\varphi = 50\%$	$\varphi = 70\%$	$\varphi = 100\%$
0°C	816,7	808,7	798,7	780,6	725,6
10°C	790,6	772,6	752,6	718,5	660,4
20°C	744,6	710,5	674,4	606,3	504,1
30°C	656,4	592,3	528,2	403,9	213,6
40°C	516,1	397,9	295,7	79,3	-251,2
50°C	287,7	103,4	-80,9	-447,6	-1008,6



2. Propustnost vodních par při relativní vlhkosti pokožky člověka $\varphi = 50\%$ a teplotě pokožky 35°C . (parciální tlak vodních par je $2639,3\text{ Pa}$)

Goretex 2v (Ret = $7,5\text{ [m}^2\cdot\text{Pa/W]}$)

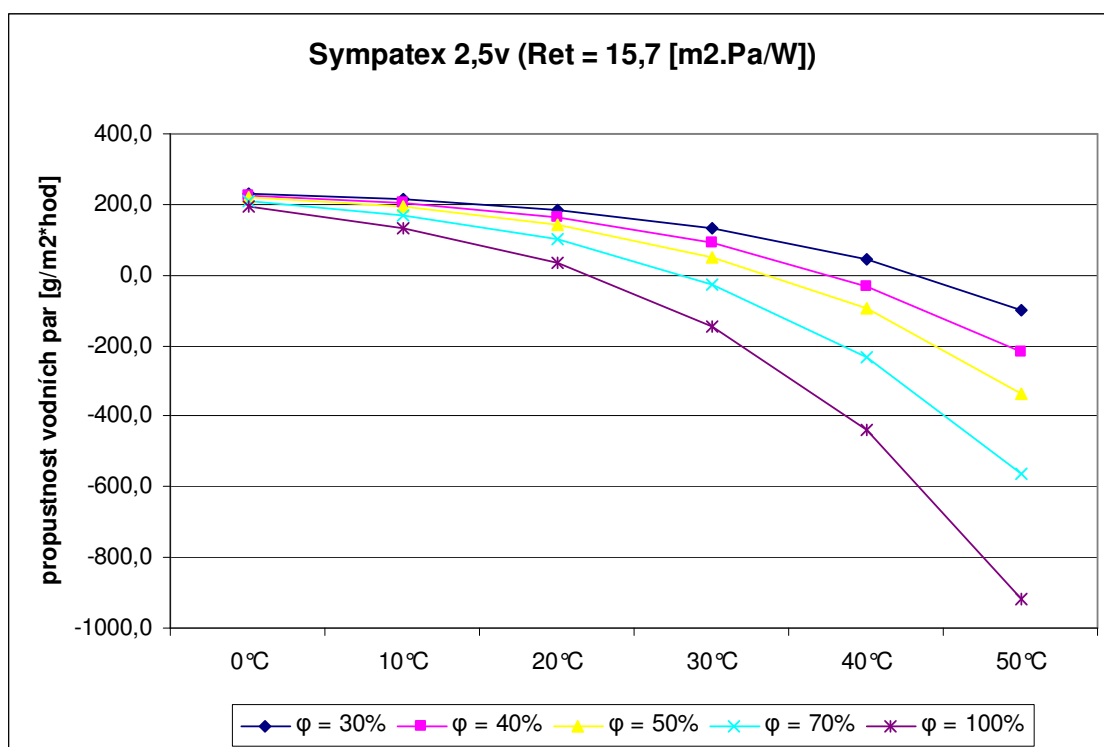
	$\varphi = 30\%$	$\varphi = 40\%$	$\varphi = 50\%$	$\varphi = 70\%$	$\varphi = 100\%$
0°C	493,2	485,2	469,1	444,9	407,5
10°C	458,4	434,3	407,5	361,9	284,1
20°C	396,7	351,2	302,9	211,8	75,1
30°C	278,8	193,0	107,2	-59,0	-313,6
40°C	91,1	-67,0	-203,7	-493,3	-935,6
50°C	-214,5	-461,1	-707,7	-1198,3	-1948,8



Propustnost vodních par při relativní vlhkosti pokožky člověka $\varphi = 50\%$ a teplotě pokožky 35°C .

Sympatex 2,5v ($\text{Ret} = 15,7 [\text{m}^2 \cdot \text{Pa}/\text{W}]$)

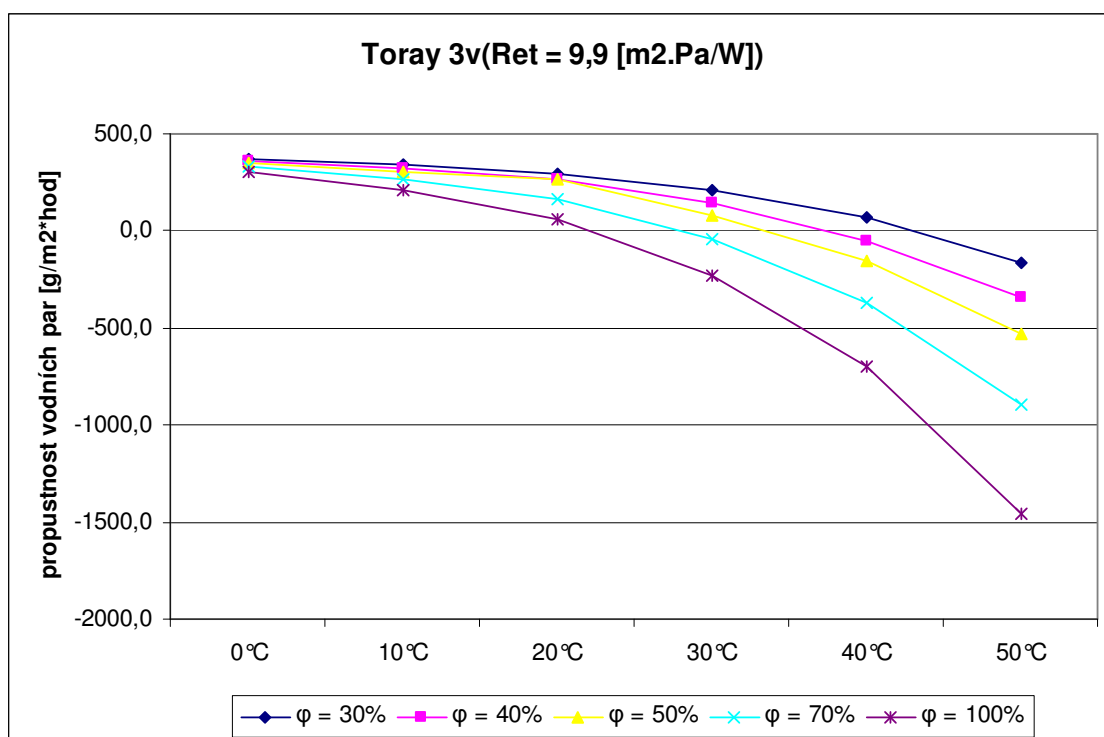
	$\varphi = 30\%$	$\varphi = 40\%$	$\varphi = 50\%$	$\varphi = 70\%$	$\varphi = 100\%$
0°C	232,5	227,4	221,1	209,7	192,0
10°C	216,0	204,7	192,0	170,6	133,9
20°C	185,0	165,5	142,8	99,8	35,7
30°C	131,4	91,0	50,5	-27,8	-147,8
40°C	43,0	-31,6	-96,0	-232,5	-440,8
50°C	-101,1	-217,3	-333,5	-564,7	-915,5



Propustnost vodních par při relativní vlhkosti pokožky člověka $\varphi = 50\%$ a teplotě pokožky 35°C .

Toray 3v ($\text{Ret} = 9,9 \text{ [m}^2 \cdot \text{Pa/W]}$)

	$\varphi = 30\%$	$\varphi = 40\%$	$\varphi = 50\%$	$\varphi = 70\%$	$\varphi = 100\%$
0°C	368,7	360,7	350,6	332,6	304,5
10°C	342,6	324,6	304,5	270,5	212,4
20°C	296,5	262,5	266,4	158,3	56,1
30°C	208,4	144,2	80,1	-44,1	-234,4
40°C	68,1	-50,1	-152,3	-368,7	-699,3
50°C	-160,3	-344,6	-529,0	-895,6	-1456,6



3.4.1. Vyhodnocení výpočtu propustnosti vodních par

Z výše uvedených grafů propustností vodních par je patrné, že propustnost vodních par přes membránu může být oboustranná, nejen od těla do okolního prostředí, ale také z okolního prostředí k tělu. Tato propustnost je výrazně závislá na relativní vlhkosti a zejména na teplotě okolí. Právě s těmito parametry roste tlak vodních par ve vzduchu p_a , rozdíl parciálních tlaků se snižuje, a proto membránové materiály přestávají plnit svou funkci. Zajímavé je zjištění, že při 0°C se propustnost vodních par v závislosti na relativní vlhkosti zvyšovala jen nepatrně a se vzrůstající teplotou okolí se propustnost vodních par zvyšovala velmi výrazně. Z grafu lze také vypočítat, že membrány dokáží plnit svou funkci pouze v suchém a chladném prostředí, za předpokladu co nejvyššího rozdílu parciálních tlaků. Proto také odvod vlhkosti při $\phi = 100\%$ byl daleko vyšší než odvod vodní páry při $\phi = 50\%$. To vše za předpokladu, že teplota lidské pokožky v obou případech je 35°C . Je velkou chybou kupovat si drahé membránové oblečení na běžné nošení do města, toto oblečení za takových podmínek plní funkci jakési drahé pláštěnky. Pokud opravdu chceme funkci těchto membránových výrobků využít, ideální je použít tyto výrobky do hor při nízkých teplotách.

Nevýhodou je také to, že celková prodyšnost laminované membrány je závislá na tkanině, na kterou je nalaminována. Pokud má nosná látka nízkou prodyšnost, žádná membrána ji nemůže zlepšit. Čím je látka pevnější a odolnější vůči oděru, tím méně bude prodyšná. Tomuto se dá z části předejít, pokud nalaminujeme membránu na fleecový materiál. Tento způsob zvýší prodyšnost, ale sníží nepromokavost oděvu.

Mezi další problém řadíme efekt rosného bodu, který vzniká, pokud je mezi tělem a oděvem velká volnost. Vodní pára se může ochladit natolik, že stačí zkondenzovat na vodu, která už membránou neprojde. Tento problém je pouze u porézních membrán. U neporézních membrán výrobce uvádí, že voda se stává součástí membrány a ta odvádí vodu nejen ve formě páry, ale i zkondenzovanou. Problém se dá vyřešit vhodným zvolením spodních vrstev oděvu. K dalšímu zamezení kondenzace páry na vodu můžeme přispět větráním a to tak, že oděv konstrukčně vyřešíme otvory.

Poznámka: Hodnoty tlaku vodních par p_a ve vzduchu při různé teplotě okolí a různých relativních vlhkostech jsou uvedeny v tabulce v příloze číslo 6. Hodnoty tlaku nasycené páry jsou v tabulce v příloze číslo 6.

4 ZÁVĚR

Zvyšující se nároky na komfort oděvu nutí výrobce neustále zdokonalovat a vyvíjet nové materiály. Mezi nejdůležitější požadavky zákazníků na membránové materiály patří nepromokavost, propustnosti vodních par a tepelná izolace. Proto je nutné sportovní materiály neustále podrobovat zkoušení těchto vlastností jež stanoví jejich přesné hodnoty.

Cílem této diplomové práce bylo ověřit si vybrané fyziologické vlastnosti moderních sportovních materiálů, které jsou dostupné na našem trhu. Dále pomocí výpočtu si ověřit jak veliký vliv má měnicí se teplota a relativní vlhkost okolního prostředí na propustnost vodních par.

Měření propustnosti vzduchu (podrobné vyhodnocení výsledků propustnosti vzduchu je v kapitole 3.3.1) u silných a vrstvených materiálu je nepřesné. Zkoušený vzorek se do přístroje upíná ručně. Proto nelze vyvinout potřebný tlak na ochranný prstenec, který zabraňuje pronikání vzduchu do okolního prostředí. Při měření propustnosti vzduchu byla zaznamenána chyba, na kterou měla vliv tloušťka materiálu. Se zvyšující se tloušťkou se výrazně zvyšovala nepřesnost měření a větší množství vzduchu unikalo přes ochranný prstenec do okolí.

Měření tepelného odporu probíhalo na přístrojích Alambeta, Togmeter a Skin model (podrobné vyhodnocení výsledků je v kapitole 3.3.2). Při měření vrstvení vrchového materiálu bylo zjištěno, že hodnoty tepelného odporu dominantně ovlivňuje druhá izolační vrstva oděvu Polartec. Vrchové materiály navrstvené s Polartec reagovaly podobně při výsledném porovnání tepelného odporu. Za nejpřesnější lze považovat přístroj Togmeter, který měl časově nejnáročnější a nejcitlivější měření. Dále u tohoto přístroje se musel od závěrečného výsledku tepelného odporu ještě odečíst tepelný odpor bez vzorku zaznamenaný před každým měřením.

Propustnost vodních par byla měřena na přístrojích Permetest a Skin model (podrobné vyhodnocení naměřených výsledků je v kapitole 3.3.3). Vrstvením vrchového materiálu se propustnost vodních par výrazně zhoršovala, výsledné hodnoty

vrstvení u různých vrchových materiálu byly podobné. Nejlepší propustnost vodních par měl materiál Goretex 2v, dobrou propustností se také vyznačovaly materiály Sympatex 2v a Polymax 2v. Měření propustnosti vodních par se na přístroji Skin model jeví jako přesnější neboť výsledná hodnota je vypočtena pomocí PC a zobrazena na monitoru. Oproti tomuto hodnoty z přístroje Permetest se musely odečíst z grafu a pomocí vzorce (11) vypočítat. Dále dávkování vody se smáčidlem u přístroje Permetest pomocí stříkačky není také zcela přesné.

Závěrem lze tedy konstatovat, že nejlépe vyhovoval materiál Goretex 2v, co se týče propustnosti vodních par. Dobrých výsledků dosahoval také vrstvený s materiály Polartec a Body Comfort. Co se týče tepelného odporu, nejlepší hodnoty měl materiál Goretex 3v. Materiály Sympatex a Toray se vyznačovaly průměrnými hodnotami jak propustnosti vodních par tak tepelného odporu.

Výpočtem reálných fyziologických vlastností propustnosti vodních par bylo dokázáno, že membrány dokáží plnit svou funkci pouze v suchém a chladném prostředí, za předpokladu co nejvyššího rozdílu parciálních tlaků. Proto také odvod vlhkosti při $\phi = 100\%$ byl daleko vyšší než odvod vodní páry při $\phi = 50\%$. To vše za předpokladu, že teplota lidské pokožky v obou případech je 35°C .

Nákladné membránové materiály dokážou plnit svou funkci pouze v suchém a chladném počasí a jsou tedy ideální do „vysokohorských“ podmínek. Proto také na běžné nošení do města stačí levnější typy bariérových textilií. Většina výrobců nabízí široký výběr funkčního ošacení pro různé druhy sportovních činností, různé oblasti nošení a různých klimatických podmínek.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Interní norma č 23–304-01/01 Stanovení termofyziologických vlastností textilií
- [2] Interní norma č 23–304-02/01 Měření tepelných vlastností na přístroji ALAMBETA
- [3] HÜBSCHMANN, K.: Kůže, orgán lidského těla, Academia, 1972
- [4] RŮŽIČKOVÁ, D.: Oděvní materiály, TUL, 2003
- [5] Dostupné na internetu:
<<http://www.bzp.cz/docs/zatez1.htm>>
- [6] Dostupné na internetu:
<http://www.ioutdoor.cz/archiv/show_clanek3.php?id_cisla=71&aktualni_rok=2004&title=OUTDOOR+Katal%2F2004+--+uk%Elzka+%5BiOutdoor.cz%5D>
- [7] Dostupné na internetu:
<<http://www.hudy.cz/article.asp?nArticleID=216&nLanguageID=1>>
- [8] Dostupné na internetu:
<<http://www.perun.cz/index.php?art=328>>
- [9] HES, L. – SLUKA, P.: Úvod do komfortu textilií, TUL, 2005
- [10] Dostupné na internetu:
<<http://www.sympatex.cz/>>
- [11] Prezentace fy. Sympatex získané od pana Mgr. Petra Bartáka obchodního zástupce materiálu SympaTex
- [12] Dostupné na internetu:
<<http://www.sterba-kola.cz/sterba/clanky/goretex130703/print.php>>
- [13] DELLJOVÁ, R. A. – AFANASJEVOVÁ, R. F. – ČUBAROVÁ, Z. S.: Hygiena odívání, SNTL, 1984

- [14] ČSN EN 31092 Textilie – Zjišťování fyziologických vlastností tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou)
- [15] Návod k obsluze přístroje: TOGMETR
- [16] Dostupné na internetu:
<<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=306>>
- [17] Návod k obsluze přístroje: AIR – PENETRATION SDL M021S
- [18] Dostupné na internetu:
<<http://tatry.cz/turistika/materialy.php>>
- [19] Dostupné na internetu:
<<http://tatry.cz/turistika/materialy.php>>
- [20] Návod k obsluze přístroje: PERMETEST
- [21] Návod k obsluze přístroje: DIGITÁLNÍ TLOUŠŤKOMĚR
- [22] Návod k obsluze přístroje: SKIN MODEL
- [23] Dostupné na internetu:
<<http://www.canard.cz/druha.php>>
- [24] ŠESTÁK, J. – RIEGER, F.: Přenos hybnosti tepla a hmoty, ČVUT, 2004
- [25] Dostupné na internetu:
<http://www.gryczon.com/web/web_sites/sample_3/dsmep/america/products/literature/pdfs/mvtr.pdf>
- [26] Dostupné na internetu:
<<http://www.warmpeace.cz/cz/index.php?sec=26>>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha číslo 1

- Ukázky použitých přístrojů a zařízení

Příloha číslo 2

- Použité druhy materiálu

Příloha číslo 3

- Naměřené hodnoty na jednotlivých přístrojích

Příloha číslo 4

- Ostatní grafy porovnání tepelného odporu na přístrojích TOGMETR, SKIN MODEL a ALAMBETA

Příloha číslo 5

- Graf s hodnotami odolnosti vůči vodním parám R_{et} a tabulka s převodem hodnot na propustnost vodních par W_d .

Příloha číslo 6

- Tabulka hodnot tlaku vodních par p_a ve vzduchu při různé teplotě okolí a různých relativních vlhkostech. Tabulka hodnot tlaku nasycené páry.

Příloha číslo 7

- Grafické znázornění ostatních vlastností měřených na přístroji ALAMBETA

Příloha číslo 8

- Výpočet hodnot z grafu přístroje PERMETEST a graf přístroje PERMETEST

Příloha číslo 9

- Norma ČSN EN ISO Textile – Zjišťování fyziologických vlastností - měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška

pocení vyhřívanou destičkou). Tato norma byla použita při měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám na přístroji SKIN MODEL. Dále byla použita při výpočtu reálných fyziologických vlastností – propustnosti vodních par při změně rozdílu parciálních tlaků v závislosti na relativní vlhkosti a teplotě okolí.

Příloha číslo 10

- Naměřené hodnoty R_{et} a R_{ct} vrstvených materiálů z přístroje SKIN MODEL

Příloha č. 1

Ukázky použitých přístrojů a zařízení

Počet stran: 2

Přístroj na měření prodyšnosti vzduchu SDL M021S (AIR-PENETRATION)



Přístroj na měření tepelné odolnosti a odolnosti vodních par SKIN MODEL – PSM 2



Přístroj na měření tepelné odolnosti TOGMETR – SDL M259



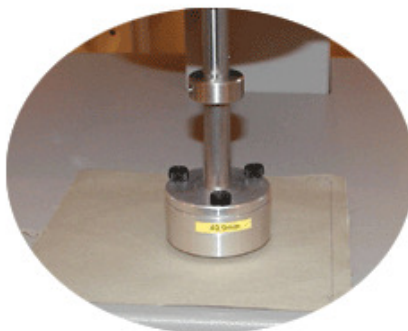
Přístroj na měření propustnosti vodních par – PERMETEST



Přístroj k měření termofyzikálních vlastností – ALAMBETA



Digitální tloušťkoměr SDL M034A



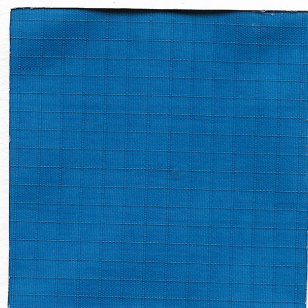
Příloha č. 2

Použité druhy materiálu

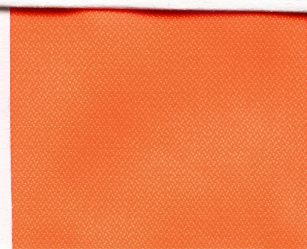
Počet stran: 3

Vrchové membránové materiály

Toray 3v



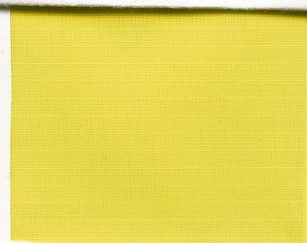
GoreTex 2v



GoreTex 3v



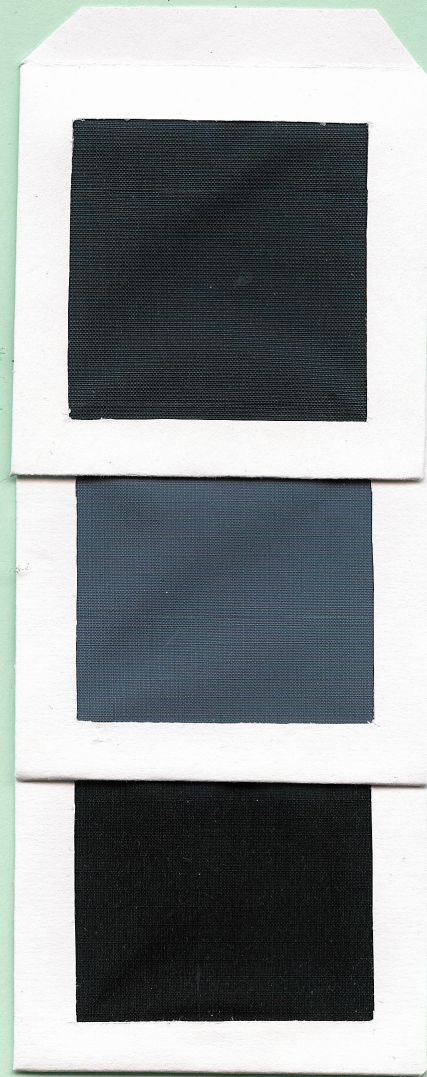
Sympatex 2v



Sympatex 2,5v

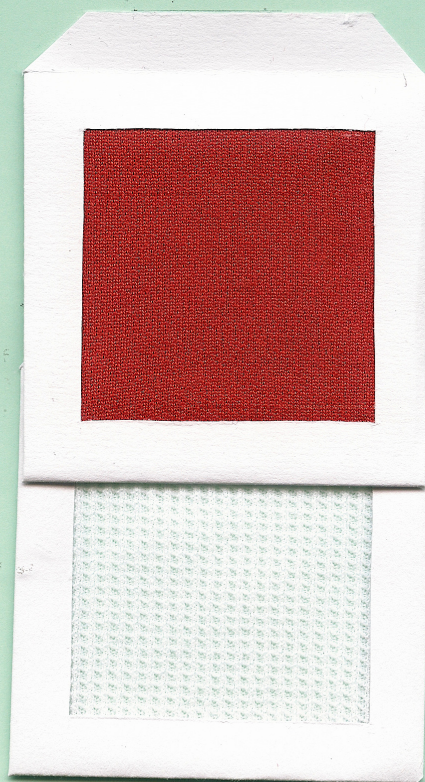
Sympatex 3v

Polymax 2v



První a druhá vrstva oděvu

Polartec



Body Comfort

Příloha č. 3

Naměřené hodnoty na jednotlivých přístrojích

Počet stran: 22

Přístroj k měření termofyzikálních vlastností – ALAMBETA

ALAMBETA

Vrchový materiál:

Toray Dermizax EV:					
	měrná tepelná vodivost λ [W/mK]	měrná teplotní vodivost $a/10^6$ [W/mK]	tepelná jí mavost b [Ws ^{1/2} /m ² K]	prošný odpor vedení tepla $r/10^3$ [Km ² /W]	tloušťka materiálu h [mm]
1.	35,50	0,041	176,00	8,00	0,29
2.	36,60	0,040	183,00	7,80	0,29
3.	36,20	0,034	196,00	7,90	0,29
4.	36,00	0,039	182,00	7,90	0,29
5.	35,80	0,038	183,00	8,00	0,29
s	0,41	0,00	7,31	0,08	0,00
x	36,02	0,038	184,00	7,92	0,29
v [%]	1,20	6,700	3,90	1,20	0,10

GoreTex 2v:					
	měrná tepelná vodivost λ [W/mK]	měrná teplotní vodivost $a/10^6$ [W/mK]	tepelná jí mavost b [Ws ^{1/2} /m ² K]	prošný odpor vedení tepla $r/10^3$ [Km ² /W]	tloušťka materiálu h [mm]
1.	37,80	0,035	202,00	7,40	0,28
2.	38,50	0,032	218,00	7,40	0,29
3.	38,00	0,033	208,00	7,30	0,28
4.	38,50	0,034	207,00	7,30	0,28
5.	36,90	0,033	202,00	7,60	0,28
s	0,66	0,00	6,54	0,12	0,00
x	37,94	0,033	207,40	7,40	0,28
v [%]	1,70	3,700	3,10	1,30	1,10

GoreTex 3v:					
	měrná tepelná vodivost λ [W/mK]	měrná teplotní vodivost $a/10^6$ [W/mK]	tepelná jí mavost b [Ws ^{1/2} /m ² K]	prošný odpor vedení tepla $r/10^3$ [Km ² /W]	tloušťka materiálu h [mm]
1.	41,00	0,063	164,00	11,30	0,46
2.	41,60	0,061	168,00	11,10	0,46
3.	41,30	0,061	167,00	11,20	0,46
4.	41,10	0,066	160,00	11,20	0,46
5.	40,90	0,063	163,00	11,50	0,47
s	0,28	0,00	3,21	0,15	0,00
x	41,18	0,063	164,40	11,26	0,46
v [%]	0,60	3,200	1,90	1,10	0,70

SymapaTex 2v:					
	měrná tepelná vodivost λ [W/mK]	měrná teplotní vodivost $a/10^6$ [W/mK]	tepelná jí mavost b [Ws ^{1/2} /m ² K]	prošný odpor vedení tepla $r/10^3$ [Km ² /W]	tloušťka materiálu h [mm]
1.	30,00	0,025	190,00	5,70	0,17
2.	30,70	0,028	184,00	5,50	0,17
3.	30,70	0,028	183,00	5,50	0,17
4.	30,60	0,027	187,00	5,60	0,17
5.	30,50	0,028	183,00	5,60	0,17
s	0,29	0,00	3,05	0,08	0,00
x	30,50	0,027	185,40	5,58	0,17
v [%]	1,00	5,200	1,70	0,10	0,10

SymapaTex 2,5v:					
	měrná tepelná vodivost λ [W/mK]	měrná teplotní vodivost $a/10^6$ [W/mK]	tepelná jí mavost b [Ws ^{1/2} /m ² K]	prošný odpor vedení tepla $r/10^3$ [Km ² /W]	tloušťka materiálu h [mm]
1.	30,20	0,025	191,00	6,50	0,20
2.	33,30	0,038	171,00	6,70	0,22
3.	28,40	0,025	178,00	6,70	0,19
4.	33,90	0,036	179,00	6,60	0,22
5.	32,80	0,035	175,00	6,60	0,22
s	2,33	0,01	7,50	0,08	0,01
x	31,72	0,032	178,80	6,62	0,21
v [%]	7,40	19,400	4,10	1,20	7,60

SymapaTex 3v:					
	měrná tepelná vodivost λ [W/mK]	měrná teplotní vodivost $a/10^6$ [W/mK]	tepelná jí mavost b [Ws ^{1/2} /m ² K]	prošný odpor vedení tepla $r/10^3$ [Km ² /W]	tloušťka materiálu h [mm]
1.	31,10	0,037	161,00	8,10	0,24
2.	29,30	0,038	150,00	8,10	0,25
3.	29,90	0,040	151,00	8,20	0,24
4.	33,60	0,051	149,00	8,10	0,27
5.	34,50	0,051	153,00	8,10	0,28
s	2,28	0,01	4,82	0,04	0,02
x	31,68	0,043	152,80	8,12	0,26
v [%]	7,10	15,900	3,20	0,40	0,60

Polymax 2v:					
	měrná tepelná vodivost λ [W/mK]	měrná teplotní vodivost $a/10^6$ [W/mK]	tepelná jí mavost b [Ws ^{1/2} /m ² K]	průsny odpor vedení tepla $r/10^3$ [Km ² /W]	tloušťka materiálu h [mm]
1.	34,30	0,043	166,00	6,90	0,24
2.	36,40	0,043	175,00	6,70	0,24
3.	35,00	0,047	162,00	6,60	0,23
4.	32,30	0,035	172,00	6,50	0,21
5.	35,00	0,038	180,00	6,40	0,22
s	1,49	0,00	7,14	0,19	0,01
x	34,60	0,041	171,00	6,62	0,23
v[%]	4,31	0,00	4,18	2,87	4,35

Kombinace vrstvení vrchového materiálu s Polartecem+Body Comfortem:

Vrstvy Toray Dermizax EV:					
	měrná tepelná vodivost λ [W/mK]	měrná teplotní vodivost $a/10^6$ [W/mK]	tepelná jí mavost b [Ws ^{1/2} /m ² K]	prošný odpor vedení tepla $r/10^3$ [Km ² /W]	tloušťka materiálů h [mm]
1.	43,10	0,257	84,90	75,50	3,25
2.	44,20	0,277	83,90	74,90	3,31
3.	43,80	0,335	75,70	73,30	3,21
4.	42,60	0,237	87,40	73,50	3,13
5.	43,00	0,223	91,10	72,50	3,12
s	0,65	0,04	5,70	1,23	0,08
x	43,34	0,266	84,60	73,94	3,20
v[%]	1,50	16,400	6,80	1,70	2,60

Vrstvy GoreTex 2v:					
	měrná tepelná vodivost λ [W/mK]	měrná teplotní vodivost $a/10^6$ [W/mK]	tepelná jí mavost b [Ws ^{1/2} /m ² K]	prošný odpor vedení tepla $r/10^3$ [Km ² /W]	tloušťka materiálů h [mm]
1.	43,60	0,243	88,40	73,70	3,21
2.	43,20	0,270	83,30	74,40	3,22
3.	43,90	0,236	90,50	72,80	3,20
4.	43,60	0,256	86,10	72,80	3,17
5.	43,80	0,244	88,80	74,20	3,25
s	0,27	0,01	2,79	0,76	0,03
x	43,62	0,250	87,42	73,58	3,21
v[%]	0,60	5,300	3,20	1,10	0,90

Vrstvy GoreTex 3v:					
	měrná tepelná vodivost λ [W/mK]	měrná teplotní vodivost $a/10^6$ [W/mK]	tepelná jí mavost b [Ws ^{1/2} /m ² K]	prošný odpor vedení tepla $r/10^3$ [Km ² /W]	tloušťka materiálů h [mm]
1.	42,90	0,209	95,20	79,20	3,40
2.	43,20	0,242	87,80	77,20	3,34
3.	43,70	0,212	94,80	78,20	3,41
4.	44,70	0,247	90,00	76,80	3,43
5.	44,50	0,232	92,50	76,20	3,39
s	0,79	0,02	3,16	1,19	0,03
x	43,80	0,228	92,06	77,52	3,39
v[%]	1,80	8,300	3,40	1,50	1,00

Vrstvy SympaTex 2v:					
	měrná tepelná vodivost λ [W/mK]	měrná teplotní vodivost $a/10^6$ [W/mK]	tepelná jínavost b [Ws ^{1/2} /m ² K]	prošný odpor vedení tepla $r/10^3$ [Km ² /W]	tloušťka materiálů h [mm]
1.	43,70	0,259	85,80	70,70	3,09
2.	43,20	0,263	84,20	70,50	3,05
3.	44,30	0,224	93,50	69,20	3,06
4.	43,40	0,267	84,10	71,10	3,09
5.	43,90	0,283	82,50	70,60	3,09
s	0,43	0,02	4,34	0,72	0,02
x	43,70	0,259	86,02	70,42	3,08
v[%]	0,90	8,300	5,10	1,00	0,70

Vrstvy SympaTex 2,5v:					
	měrná tepelná vodivost λ [W/mK]	měrná teplotní vodivost $a/10^6$ [W/mK]	tepelná jínavost b [Ws ^{1/2} /m ² K]	prošný odpor vedení tepla $r/10^3$ [Km ² /W]	tloušťka materiálů h [mm]
1.	43,70	0,240	89,20	71,70	3,14
2.	43,70	0,228	91,60	70,20	3,07
3.	43,30	0,264	84,30	72,10	3,12
4.	44,00	0,267	85,20	69,10	3,04
5.	43,80	0,247	88,20	71,20	3,12
s	0,25	0,02	2,98	1,21	0,04
x	43,70	0,249	87,70	70,86	3,10
v[%]	0,60	6,600	3,40	1,70	1,30

Vrstvy Sympatex 3v:					
	měrná tepelná vodivost λ [W/mK]	měrná teplotní vodivost $a/10^6$ [W/mK]	tepelná jínavost b [Ws ^{1/2} /m ² K]	prošný odpor vedení tepla $r/10^3$ [Km ² /W]	tloušťka materiálů h [mm]
1.	43,80	0,227	91,90	72,40	3,17
2.	43,40	0,229	90,80	71,70	3,12
3.	43,50	0,245	87,90	72,90	3,18
4.	44,00	0,248	88,20	72,20	3,18
5.	43,70	0,244	88,50	73,10	3,20
s	0,24	0,01	1,78	0,56	0,03
x	43,68	0,239	89,46	72,46	3,17
v[%]	0,50	4,200	2,00	0,80	1,00

Vrstvy Polymax 2v:					
	měrná tepelná vodivost λ [W/mK]	měrná teplotní vodivost $a/10^6$ [W/mK]	tepelná jí mavost b [Ws ^{1/2} /m ² K]	průměrný odpor vedení tepla $r/10^3$ [Km ² /W]	tloušťka materiálu h [mm]
1.	43,60	0,247	87,90	72,80	3,18
2.	43,40	0,225	91,60	70,90	3,08
3.	43,20	0,224	91,20	73,30	3,16
4.	43,40	0,227	91,00	72,40	3,14
5.	44,30	0,221	94,30	70,90	3,14
s	0,43	0,01	2,27	1,11	0,04
x	43,58	0,229	91,20	72,06	3,14
v[%]	0,99	4,37	2,49	1,54	1,20

Polartec a Body Comfort (první a druhá vrstva):

Kombinace Polartec a Body Comfort (1. a 2. funkční vrstva oděvu)					
	měrná tepelná vodivost λ [W/mK]	měrná teplotní vodivost $a/10^6$ [W/mK]	tepelná jí mavost b [Ws ^{1/2} /m ² K]	prošný odpor vedení tepla $r/10^3$ [Km ² /W]	tloušťka materiálů h [mm]
1.	43,50	0,263	84,80	66,50	2,89
2.	43,10	0,223	91,20	67,00	2,88
3.	43,00	0,228	90,00	67,70	2,91
4.	42,90	0,250	85,70	65,90	2,83
5.	42,80	0,233	88,60	68,50	2,93
s	0,27	0,02	2,74	1,02	0,04
x	43,06	0,239	88,06	67,12	2,89
v[%]	0,60	7,000	3,10	1,50	1,30

Body Comfort (1. funkční vrstva oděvu)					
	měrná tepelná vodivost λ [W/mK]	měrná teplotní vodivost $a/10^6$ [W/mK]	tepelná jí mavost b [Ws ^{1/2} /m ² K]	prošný odpor vedení tepla $r/10^3$ [Km ² /W]	tloušťka materiálů h [mm]
1.	42,90	0,177	102,00	26,30	1,13
2.	43,30	0,167	106,00	24,70	1,07
3.	42,90	0,178	102,00	26,90	1,16
4.	42,40	0,176	101,00	25,10	1,06
5.	42,70	0,163	106,00	25,20	1,07
s	0,33	0,01	2,41	0,92	0,04
x	42,84	0,172	103,40	25,64	1,10
v[%]	0,80	3,900	2,30	3,70	3,90

Polartec (2. funkční vrstva oděvu)					
	měrná tepelná vodivost λ [W/mK]	měrná teplotní vodivost $a/10^6$ [W/mK]	tepelná jí mavost b [Ws ^{1/2} /m ² K]	prošný odpor vedení tepla $r/10^3$ [Km ² /W]	tloušťka materiálů h [mm]
1.	41,10	0,605	52,80	42,50	1,75
2.	41,50	0,395	66,00	42,40	1,76
3.	41,10	0,513	57,30	44,20	1,82
4.	41,20	0,420	63,60	44,20	1,82
5.	41,60	0,416	64,40	44,20	1,84
s	0,23	0,09	5,57	0,96	0,04
x	41,30	0,470	60,82	43,50	1,80
v[%]	0,60	18,800	9,20	2,10	2,10

Přístroj na měření tepelné odolnosti TOGMETR

TOGMETR - tepelný odpor:

Kombinace vrstvení vrchového materiálu

s Polartecem+Body Comfortem:

Vrstvy Toray DermizaxEV:	
	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	0,07576
2.	0,07528
3.	0,07444
s	0,00067
x	0,07516
v[%]	0,88895

Vrstvy GoreTex 2v:	
	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	0,07907
2.	0,05803
3.	0,07973
s	0,01234
x	0,07228
v[%]	17,07659

Vrstvy GoreTex 3v:	
	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	0,07463
2.	0,06218
3.	0,07334
s	0,00685
x	0,07005
v[%]	9,77312

Vrstvy SympaTex 2v:	
	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	0,06999
2.	0,06533
3.	0,06757
s	0,00233
x	0,06763
v[%]	3,44607

Vrstvy SympaTex 2,5v:	
	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	0,06726
2.	0,06146
3.	0,06284
s	0,00303
x	0,06385
v[%]	4,74505

Vrstvy SympaTex 3v:	
	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	0,06598
2.	0,06300
3.	0,06324
s	0,00166
x	0,06407
v[%]	2,58388

Vrstvy Polymax 2v:	
	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	0,06170
2.	0,06513
3.	0,06340
s	0,00172
x	0,06341
v[%]	2,70466

Polartec a Body Comfort (první a druhá vrstva):

Polartec a Body Comfort:	
	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	0,05653
2.	0,05287
3.	0,04836
s	0,00409
x	0,05259
v[%]	7,78213

Polartec:	
	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	0,02579
2.	0,02903
3.	0,03026
s	0,00231
x	0,02836
v[%]	8,14207

Body Comfort:	
	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	0,00480
2.	0,00432
3.	0,00429
s	0,00029
x	0,00447
v[%]	6,40228

Poznámka: Jednotlivé hodnoty tepelného odporu samostatných vrchových materiálu z přístroje TOGMETR má ve své DP Lucie Suchomelová.

**Přístroj na měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám
SKIN MODEL**

SKIN MODEL PSM 2

Kombinace vrstvení vrch. materiálu s Polartecem+B.Comfortem:

Vrstvy Toray Dermizax EV:		
	odolnost vodních par R_{et} [m ² Pa/W]	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	17,597	0,095
2.	17,796	0,083
3.	16,987	0,079
s	0,422	0,008
x	17,460	0,086
v [%]	2,414	9,720

Vrstvy GoreTex 2v:		
	odolnost vodních par R_{et} [m ² Pa/W]	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	12,463	0,076
2.	13,186	0,083
3.	15,390	0,072
s	1,525	0,006
x	13,680	0,077
v [%]	11,146	7,231

Vrstvy GoreTex 3v:		
	odolnost vodních par R_{et} [m ² Pa/W]	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	16,646	0,085
2.	18,258	0,077
3.	17,171	0,074
s	0,822	0,006
x	17,358	0,079
v [%]	4,736	7,228

Vrstvy SympaTex 2v:		
	odolnost vodních par R_{et} [m ² Pa/W]	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	18,868	0,074
2.	19,440	0,080
3.	18,650	0,076
s	0,408	0,003
x	18,986	0,077
v [%]	2,149	3,985

Vrstvy SympaTex 2,5v:		
	odolnost vodních par R_{et} [m ² Pa/W]	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	18,990	0,071
2.	21,776	0,074
3.	18,878	0,073
s	1,642	0,002
x	19,881	0,073
v [%]	8,258	2,102

Vrstvy SympaTex3v:		
	odolnost vodních par R_{et} [m ² Pa/W]	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	17,866	0,075
2.	18,496	0,071
3.	19,778	0,076
s	0,974	0,003
x	18,713	0,074
v [%]	5,207	3,575

Vrstvy Polymax 2v:		
	odolnost vodních par R_{et} [m ² Pa/W]	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	19,025	0,082
2.	18,661	0,078
3.	19,646	0,079
s	0,498	0,002
x	19,111	0,080
v [%]	2,606	2,613

Polartec a Body Comfort (první a druhá vrstva):

Polartec a Body Comfort:		
	odolnost vodních par R_{et} [m ² Pa/W]	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	11,081	0,057
2.	13,941	0,076
3.	12,880	0,071
s	1,446	0,010
x	12,634	0,068
v [%]	11,444	14,484

Polartec:		
	odolnost vodních par R_{et} [m ² Pa/W]	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	8,320	0,047
2.	7,513	0,050
3.	8,825	0,045
s	0,662	0,003
x	8,219	0,047
v [%]	8,051	5,317

Body Comfort:		
	odolnost vodních par R_{et} [m ² Pa/W]	tepelný odpor R_{ct} [Km ² /W]
1.	8,901	0,016
2.	7,596	0,016
3.	7,939	0,014
s	0,677	0,001
x	8,145	0,015
v [%]	8,306	7,531

Poznámka: Jednotlivé hodnoty tepelného odporu a odolnosti vůči vodním parám samostatných vrchových materiálu z přístroje SKIN MODEL má ve své DP Lucie Suchomelová.

Přístroj na měření propustnosti vodních par – PERMETEST

PERMETEST - propustnost vodních par:

Vrchový materiál:

Toray Dermizax EV:	
	propustnost vodních par p [%]
1.	5,714
2.	4,231
3.	5,106
s	0,745
x	5,017
v [%]	14,859

GoreTex 2v:	
	propustnost vodních par p [%]
1.	11,064
2.	9,129
3.	11,712
s	1,344
x	8,312
v [%]	16,167

GoreTex 3v:	
	propustnost vodních par p [%]
1.	7,000
2.	7,297
3.	6,667
s	0,315
x	5,320
v [%]	5,925

SympaTex 2v:	
	propustnost vodních par p [%]
1.	6,111
2.	5,556
3.	5,263
s	0,431
x	4,340
v [%]	9,923

SympaTex 2,5v:	
	propustnost vodních par p [%]
1.	2,871
2.	4,348
3.	4,018
s	0,775
x	3,003
v [%]	25,815

SympaTex3v:	
	propustnost vodních par p [%]
1.	1,765
2.	3,401
3.	2,577
s	0,818
x	2,140
v [%]	38,220

Polymax 2v:	
	propustnost vodních par p [%]
1.	5,025
2.	5,820
3.	5,473
s	0,399
x	4,179
v [%]	9,537

Kombinace vrstvení vrchového materiálu s Polartecem+Body Comfortem:

Vrstvy Toray Dermizax EV:	
	propustnost vodních par p [%]
1.	5,263
2.	4,712
3.	2,325
s	1,562
x	4,100
v [%]	38,090

Vrstvy GoreTex 2v:	
	propustnost vodních par p [%]
1.	6,430
2.	3,947
3.	5,446
s	1,250
x	5,274
v [%]	23,707

Vrstvy GoreTex 3v:	
	propustnost vodních par p [%]
1.	4,505
2.	5,000
3.	6,581
s	1,084
x	5,362
v [%]	20,222

Vrstvy SympaTex 2v:	
	propustnost vodních par p [%]
1.	4,245
2.	1,818
3.	4,242
s	1,400
x	3,435
v [%]	40,768

Vrstvy SympaTex 2,5v:	
	propustnost vodních par p [%]
1.	2,857
2.	1,171
3.	1,714
s	0,861
x	1,914
v [%]	44,964

Vrstvy SympaTex3v:	
	propustnost vodních par p [%]
1.	1,181
2.	1,418
3.	2,500
s	0,703
x	1,700
v [%]	41,371

Vrstvy Polymax 2v:	
	propustnost vodních par p [%]
1.	4,500
2.	4,500
3.	4,103
s	0,229
x	4,368
v [%]	5,248

Polartec a Body Comfort (první a druhá vrstva):

Polartec a Body Comfort:	
	propustnost vodních par p [%]
1.	10,582
2.	10,769
3.	10,844
s	0,135
x	10,732
v [%]	1,257

Polartec:	
	propustnost vodních par p [%]
1.	19,810
2.	22,619
3.	19,841
s	1,613
x	20,757
v [%]	7,771

Body Comfort:	
	propustnost vodních par p [%]
1.	26,829
2.	32,468
3.	28,409
s	2,909
x	29,235
v [%]	9,950

Digitální tloušťkoměr

TLOUŠŤKOMĚR:

Vrchový materiál:

Toray Dermizax EV:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x	s	v[%]
0,38	0,38	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,39	0,39	0,38	0,384	0,0049	1,2758

GoreTex 2v:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x	s	v[%]
0,38	0,36	0,36	0,38	0,39	0,37	0,36	0,36	0,37	0,38	0,371	0,0104	2,8141

GoreTex 3v:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x	s	v[%]
0,59	0,59	0,6	0,6	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57	0,585	0,0092	1,576

SympaTex 2v:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x	s	v[%]
0,29	0,29	0,33	0,32	0,33	0,34	0,32	0,29	0,29	0,28	0,308	0,0209	6,7794

SympaTex 2,5v:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x	s	v[%]
0,46	0,45	0,48	0,41	0,49	0,46	0,46	0,41	0,44	0,46	0,452	0,0248	5,491

SympaTex3v:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x	s	v[%]
0,59	0,62	0,57	0,56	0,57	0,61	0,6	0,62	0,61	0,62	0,597	0,0219	3,6737

Polymax 2v:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x	s	v[%]
0,28	0,29	0,3	0,32	0,28	0,27	0,28	0,26	0,34	0,33	0,295	0,0254	8,6091

Kombinace vrstvení vrchového materiálu
s Polartecem+Body Comfortem:

Vrstvy Toray Dermizax EV:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x	s	v[%]
4,58	4,61	4,59	4,6	4,68	4,67	4,67	4,65	4,77	4,65	4,647	0,0535	1,151

Vrstvy GoreTex 2v:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x	s	v[%]
4,61	4,59	4,57	4,4	4,46	4,75	4,69	4,64	4,7	4,7	4,611	0,1057	2,292

Vrstvy GoreTex 3v:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x	s	v[%]
4,42	5,56	5,31	4,89	4,74	4,81	4,96	4,84	5,35	4,79	4,967	0,3232	6,5077

Vrstvy SympaTex 2v:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x	s	v[%]
4,3	4,26	4,35	4,34	4,35	4,36	4,32	4,31	4,26	4,47	4,332	0,0571	1,3172

Vrstvy SympaTex 2,5v:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x	s	v[%]
4,39	4,35	4,37	4,43	4,46	4,35	4,34	4,39	4,91	4,36	4,435	0,1624	3,6612

Vrstvy SympaTex3v:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x	s	v[%]
4,7	4,61	4,72	4,79	4,82	4,53	4,6	4,65	4,63	4,7	4,675	0,0843	1,803

Vrstvy Polymax 2v:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x	s	v[%]
4,4	4,4	4,46	4,47	4,38	4,46	4,49	4,41	4,48	4,4	4,435	0,0385	0,8689

Polartec a Body Comfort (první a druhá vrstva):

Polartec a Body Comfort:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x	s	v[%]
4,2	4,09	4,12	4,07	3,97	4,17	4,06	4,1	4,12	4,01	4,091	0,0652	1,5934

Polartec:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x	s	v[%]
2,93	2,91	2,96	2,84	3,01	3,01	2,91	2,89	2,89	2,82	2,917	0,0602	2,0629

Body Comfort:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x	s	v[%]
1,33	1,35	1,35	1,34	1,37	1,35	1,36	1,36	1,39	1,36	1,356	0,0156	1,152

Přístroj na měření prodyšnosti vzduchu SDL M021S

SDL M021S - propustnost vzduchu:

Vrchový materiál:

Toray Dermizax EV 3v:

počet měření	naměřená hodnota
1.	0,60
2.	0,58
3.	0,46
4.	0,44
5.	0,60
6.	0,68
7.	0,62
8.	0,64
9.	0,56
10.	0,52
s	0,08
x	0,570
v [%]	13,463
prodyšnost R[mm/s]	0,285000

GoreTex 2v:

počet měření	naměřená hodnota
1.	0,00
2.	0,00
3.	0,00
4.	0,00
5.	0,00
6.	0,00
7.	0,00
8.	0,00
9.	0,00
10.	0,00
s	0,00
x	0,000
v [%]	0,00
prodyšnost R[mm/s]	0,000000

GoreTex 3v:

počet měření	naměřená hodnota
1.	1,40
2.	1,30
3.	1,12
4.	1,18
5.	1,15
6.	1,41
7.	1,20
8.	1,17
9.	1,26
10.	1,20
s	0,10
x	1,239
v [%]	8,191
prodyšnost R[mm/s]	0,619500

SymapaTex 2v:

počet měření	naměřená hodnota
1.	0,00
2.	0,00
3.	0,00
4.	0,00
5.	0,00
6.	0,00
7.	0,00
8.	0,00
9.	0,00
10.	0,00
s	0,00
x	0,000
v [%]	0,00
prodyšnost R[mm/s]	0,000000

SymapaTex 2,5v:

počet měření	naměřená hodnota
1.	0,00
2.	0,00
3.	0,00
4.	0,00
5.	0,00
6.	0,00
7.	0,00
8.	0,00
9.	0,00
10.	0,00
s	0,00
x	0,000
v [%]	0,00
prodyšnost R[mm/s]	0,000000

SymapaTex 3v:

počet měření	naměřená hodnota
1.	0,45
2.	0,40
3.	0,36
4.	0,38
5.	0,40
6.	0,48
7.	0,44
8.	0,36
9.	0,42
10.	0,36
s	0,04
x	0,405
v [%]	10,234
prodyšnost R[mm/s]	0,202250

Polymax 2v:

počet měření	naměřená hodnota
1.	0,00
2.	0,00
3.	0,00
4.	0,00
5.	0,00
6.	0,00
7.	0,00
8.	0,00
9.	0,00
10.	0,00
s	0,00
x	0,000
v [%]	0,00
prodýšnost R[mm/s]	0,000000

Poznámka: Samostatný vrchový materiál byl měřen při 1000 Pa.

Kombinace vrstvení vrchového materiálu s Polartecem+Body Comfortem:

**Vrstvy
Toray Dermizax EV:**

počet měření	naměřená hodnota
1.	0,51
2.	0,54
3.	0,70
4.	0,73
5.	0,90
6.	0,60
7.	0,52
8.	0,50
9.	0,66
10.	0,58
s	0,13
x	0,624
v [%]	20,160
prodyšnost R[mm/s]	0,311750

**Vrstvy
GoreTex 2v:**

počet měření	naměřená hodnota
1.	0,54
2.	0,46
3.	0,45
4.	0,49
5.	0,49
6.	0,48
7.	0,44
8.	0,54
9.	0,42
10.	0,42
s	0,04
x	0,473
v [%]	9,191
prodyšnost R[mm/s]	0,236500

**Vrstvy
GoreTex 3v:**

počet měření	naměřená hodnota
1.	0,51
2.	0,48
3.	0,60
4.	0,65
5.	0,56
6.	0,70
7.	0,53
8.	0,52
9.	0,48
10.	0,54
s	0,07
x	0,557
v [%]	12,986
prodyšnost R[mm/s]	0,278250

**Vrstvy
SymapaTex 2v:**

počet měření	naměřená hodnota
1.	0,46
2.	0,50
3.	0,47
4.	0,44
5.	0,47
6.	0,48
7.	0,60
8.	0,52
9.	0,54
10.	0,42
s	0,05
x	0,489
v [%]	10,830
prodyšnost R[mm/s]	0,244500

**Vrstvy
SymapaTex 2,5v:**

počet měření	naměřená hodnota
1.	0,58
2.	0,52
3.	0,42
4.	0,50
5.	0,57
6.	0,56
7.	0,55
8.	0,54
9.	0,65
10.	0,44
s	0,07
x	0,532
v [%]	12,441
prodyšnost R[mm/s]	0,265750

**Vrstvy
SymapaTex 3v:**

počet měření	naměřená hodnota
1.	0,70
2.	0,58
3.	0,72
4.	0,71
5.	0,70
6.	0,72
7.	0,69
8.	0,67
9.	0,64
10.	0,74
s	0,05
x	0,687
v [%]	6,829
prodyšnost R[mm/s]	0,343500

Vrstvy

Polymax 2v:

počet měření	naměřená hodnota
1.	0,62
2.	0,58
3.	0,50
4.	0,67
5.	0,69
6.	0,67
7.	0,67
8.	0,50
9.	0,49
10.	0,51
s	0,08
x	0,590
v [%]	
prodyšnost R[mm/s]	0,295000

Poznámka: Kombinace vrstvení vrchového materiálu s Polartecem a Body Comfortem byla měřena při 30 Pa.

Polartec a Body Comfort (první a druhá vrstva):

Polartec

a Body Comfort:

počet měření	naměřená hodnota
1.	245
2.	240
3.	235
4.	245
5.	244
6.	214
7.	212
8.	206
9.	200
10.	219
s	17,60
x	207,055
v [%]	8,500
prodyšnost R[mm/s]	103,527

Polartec:

počet měření	naměřená hodnota
1.	275
2.	260
3.	250
4.	260
5.	249
6.	285
7.	280
8.	275
9.	262
10.	280
s	13,01
x	244,455
v [%]	5,320
prodyšnost R[mm/s]	122,228

Body Comfort:

počet měření	naměřená hodnota
1.	380
2.	375
3.	355
4.	360
5.	368
6.	383
7.	385
8.	370
9.	380
10.	358
s	10,92
x	338,629
v [%]	3,224
prodyšnost R[mm/s]	169,314

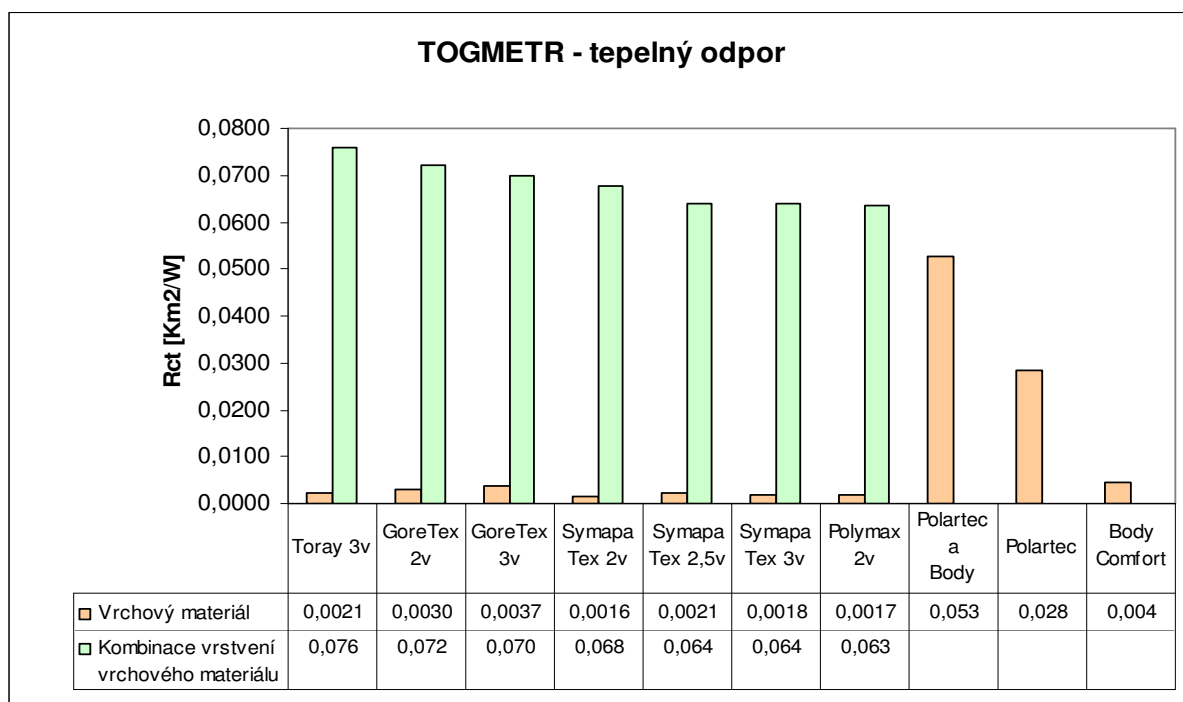
Poznámka: Materiál Polartec a vrstvení Polartecu s Body Comfortem bylo měřeno při 30 Pa
Samotný Body Comfort při 10 Pa.

Příloha č. 4

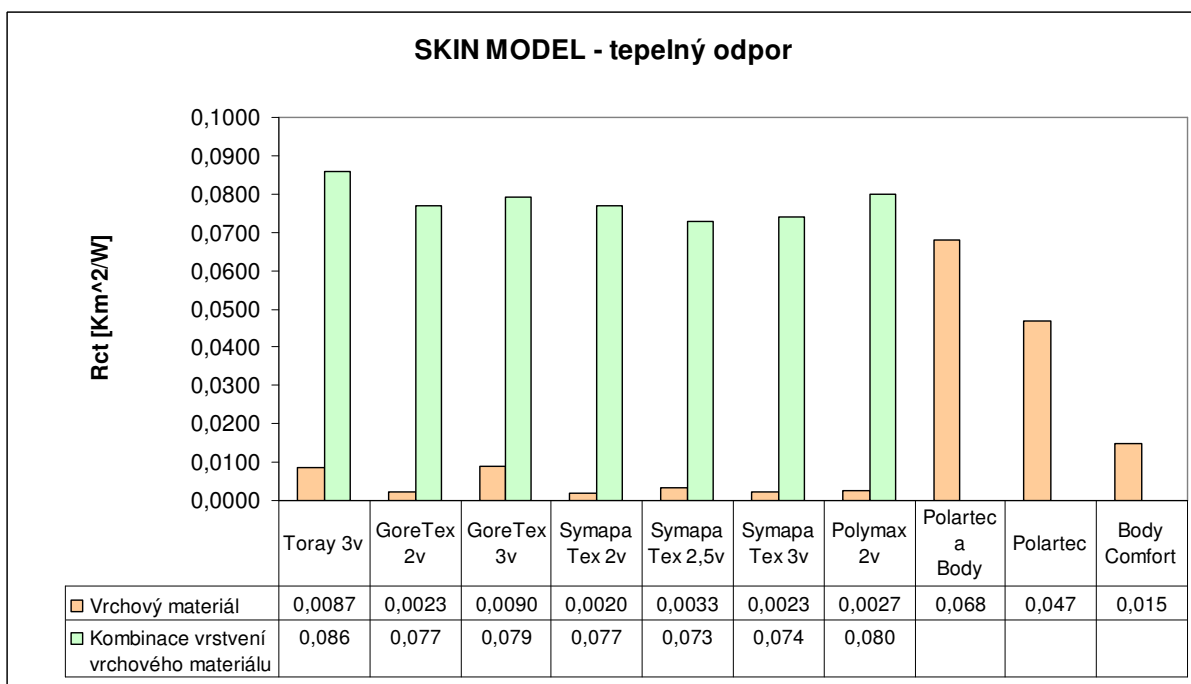
Ostatní grafy porovnání tepelného odporu na přístrojích TOGMETR, SKIN
MODEL a ALAMBETA

Počet stran: 6

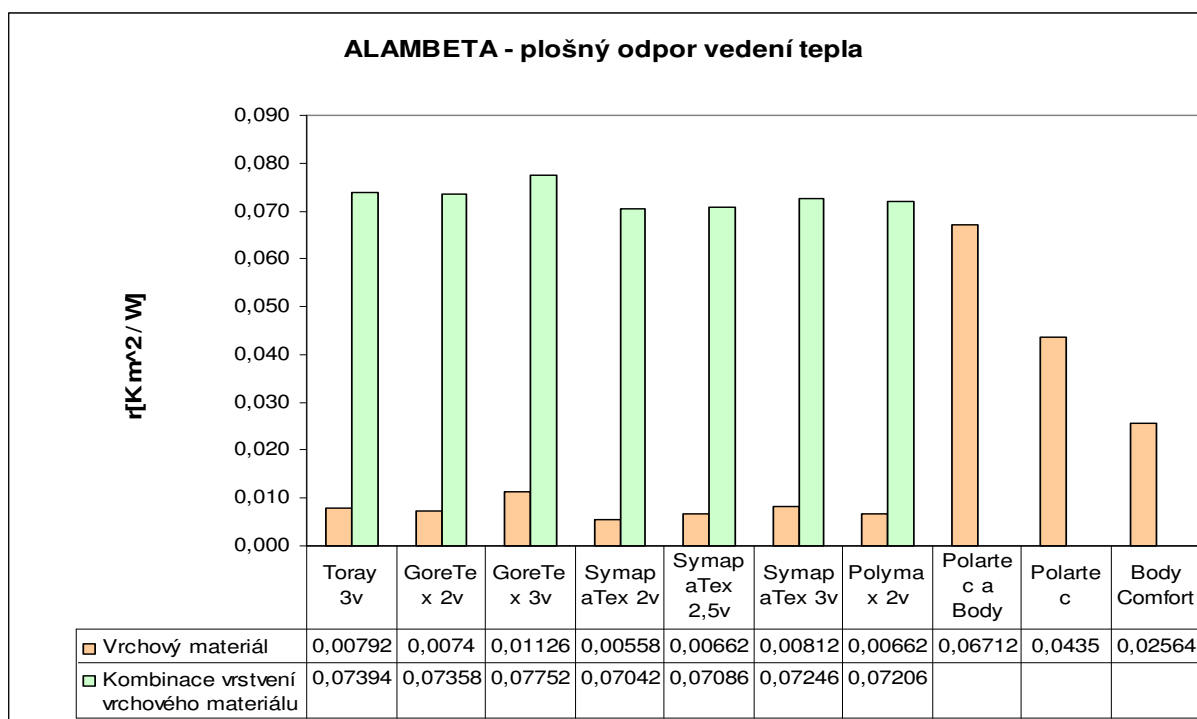
Graf tepelného odporu na přístroji TOGMETR



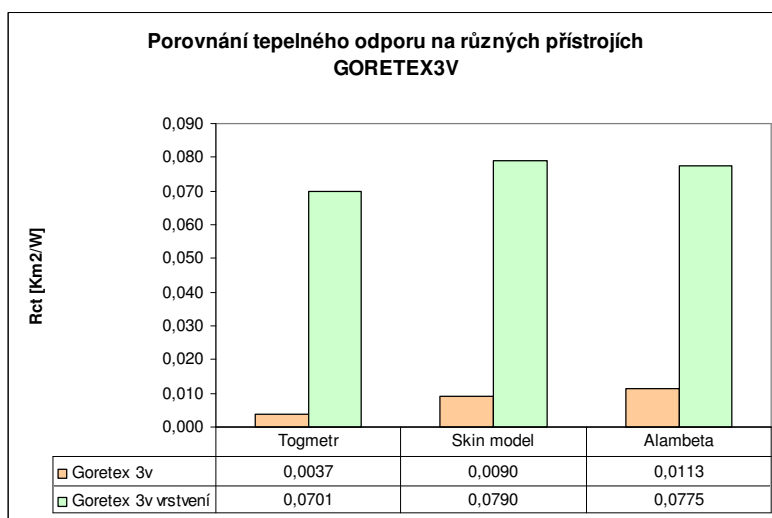
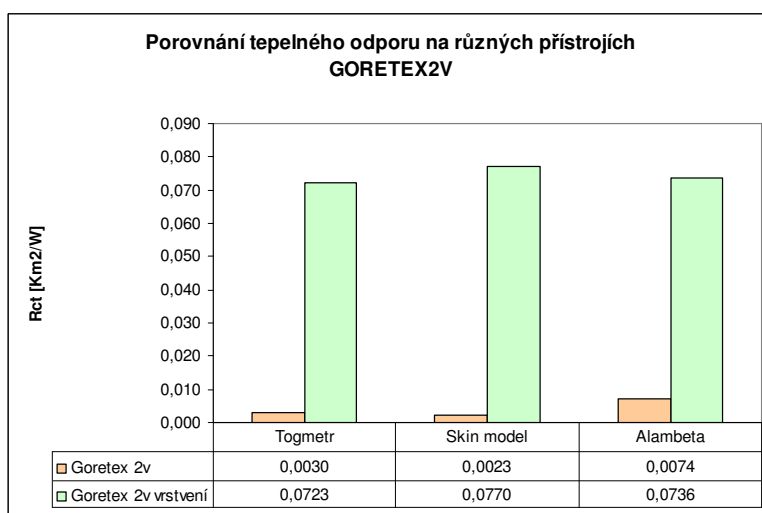
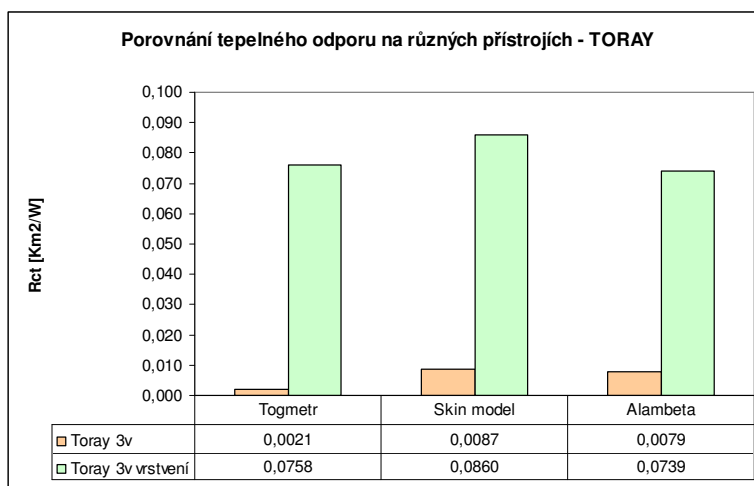
Graf tepelného odporu na přístroji SKIN MODEL

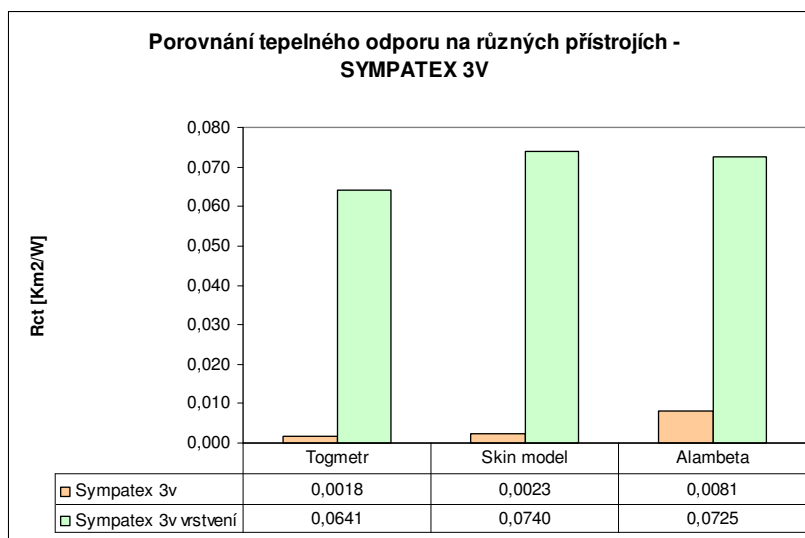
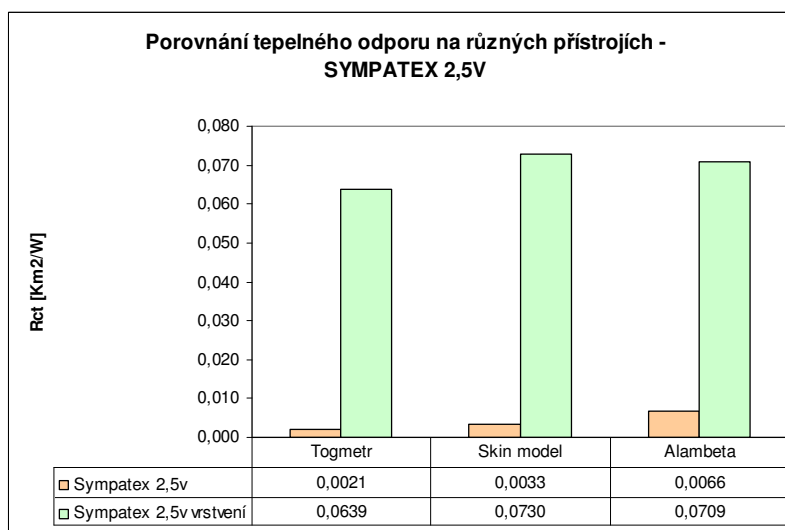
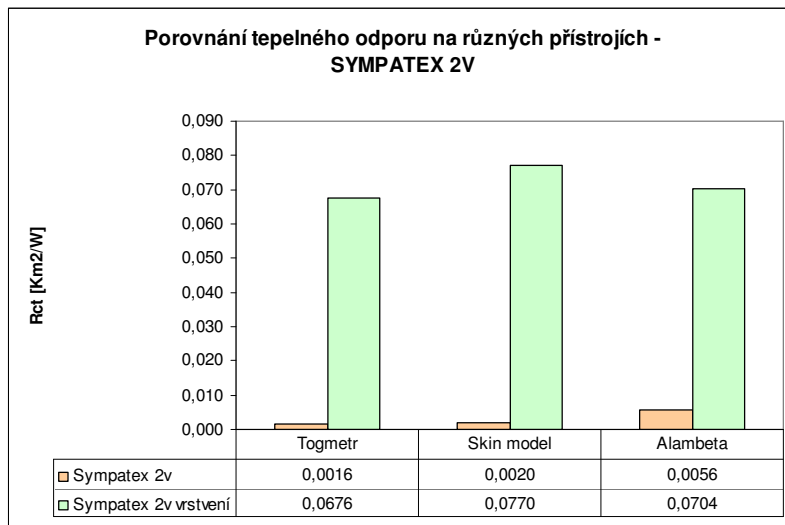


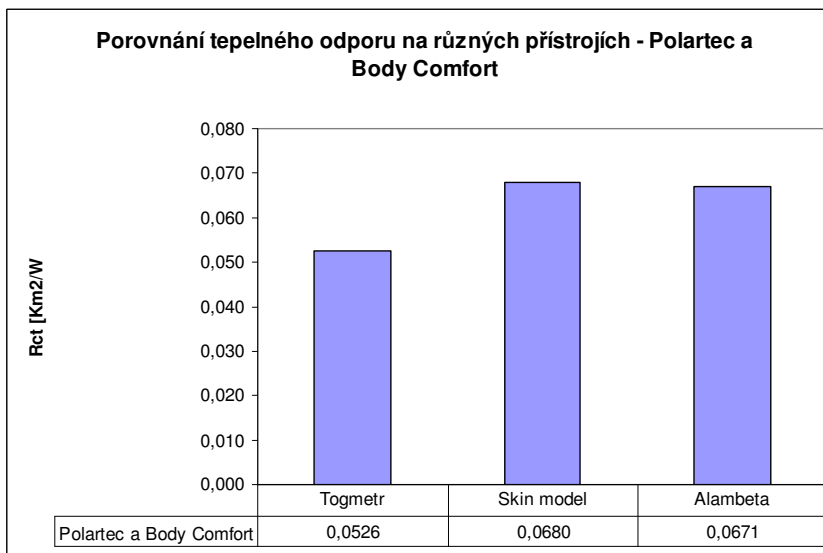
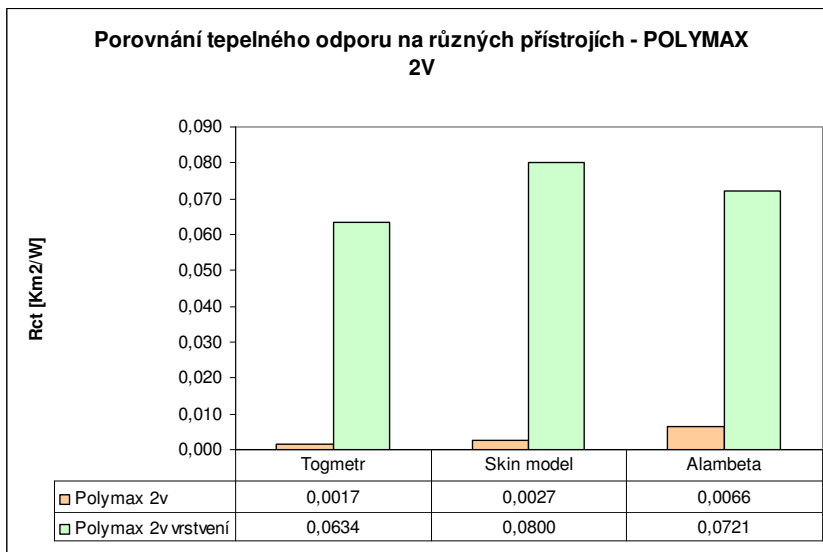
Graf tepelného odporu na přístroji ALAMBETA

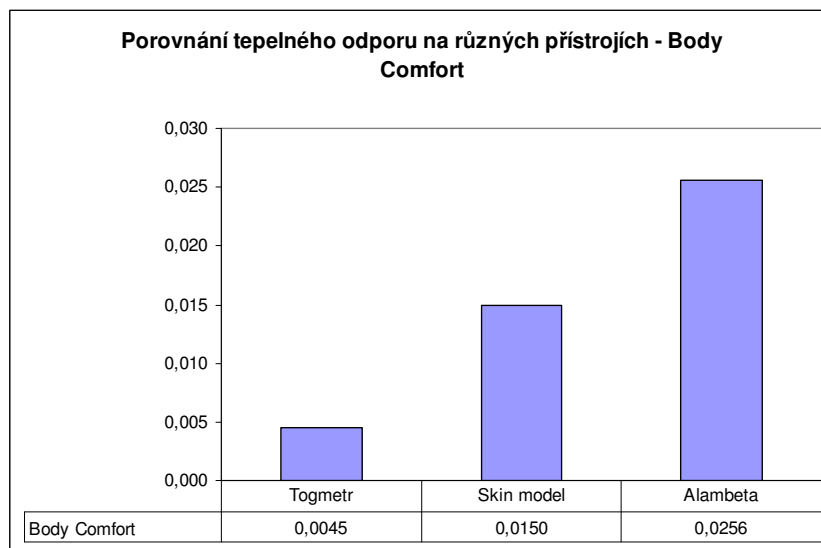
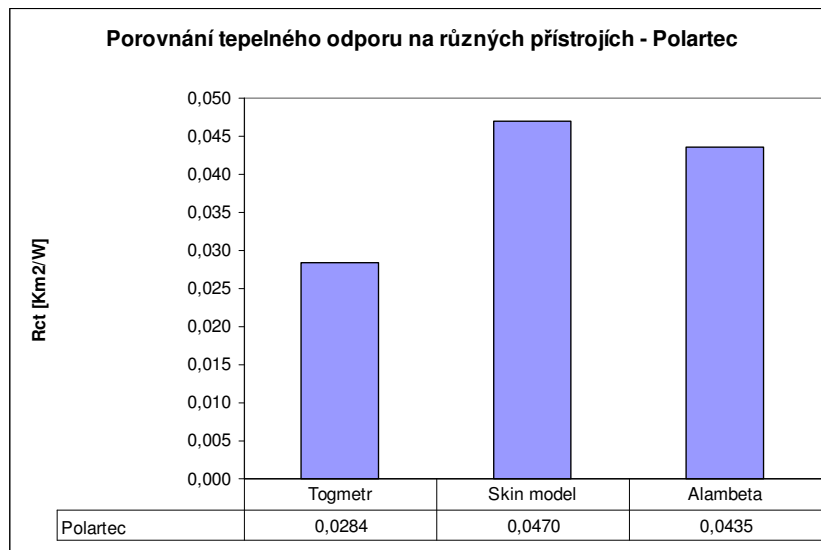


Porovnání tepelného odporu jednotlivých materiálů









Příloha č. 5

Graf s hodnotami odolnosti vůči vodním parám R_{et} a tabulka s převodem hodnot na propustnost vodních par W_d .

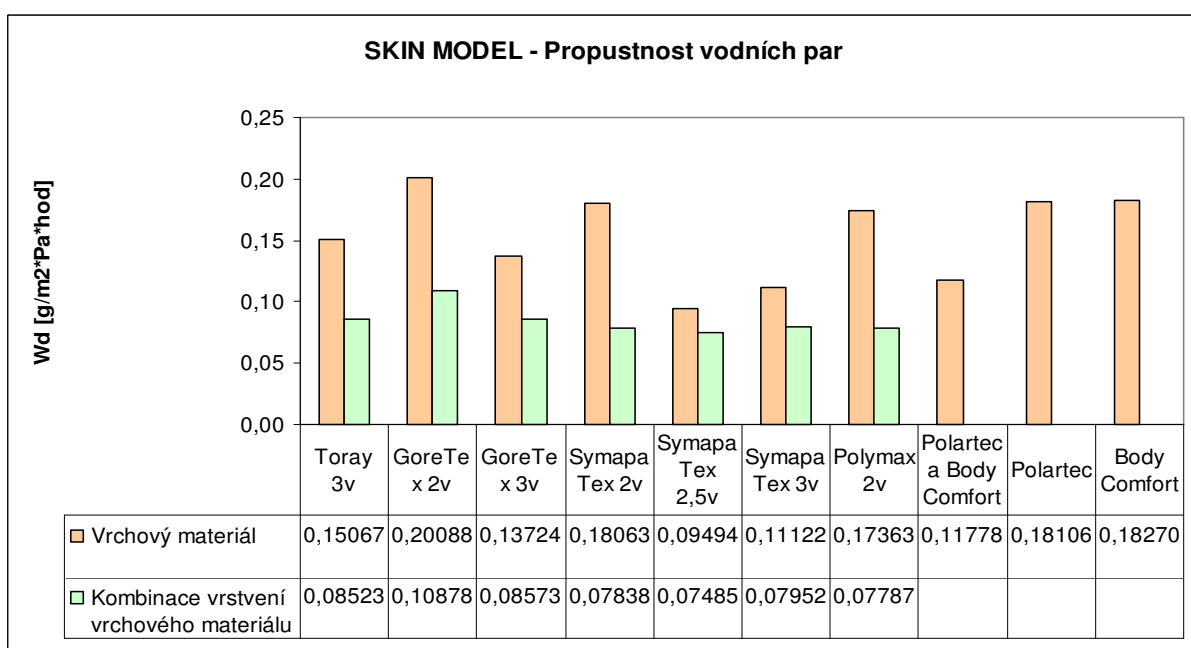
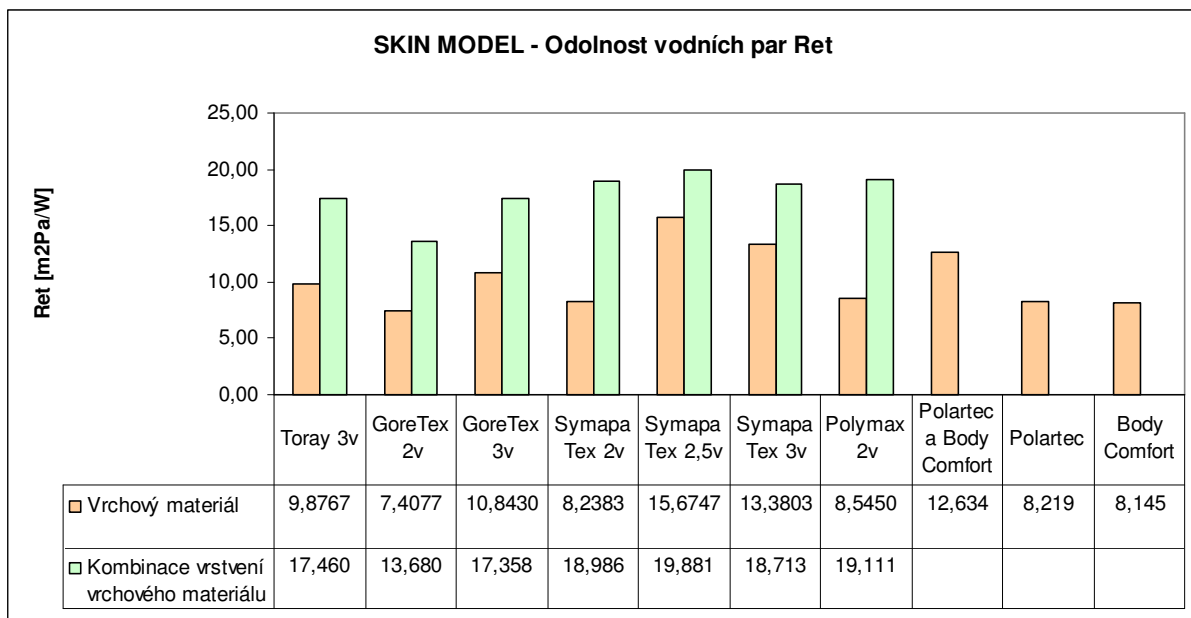
Počet stran: 2

Tabulky s převodem odolnosti vůči vodním parám R_{et} na hodnoty na propustnost vodních par W_d podle vzorce 3.

Odolnost vodních par R_{et} [m²Pa/W]	Vrchový materiál	Kombinace vrstvení vrchového materiálu
Toray 3v	9,8767	17,460
GoreTex 2v	7,4077	13,680
GoreTex 3v	10,8430	17,358
SymapaTex 2v	8,2383	18,986
SymapaTex 2,5v	15,6747	19,881
SymapaTex 3v	13,3803	18,713
Polymax 2v	8,5450	19,111
Polartec a Body Comfort	12,634	
Polartec	8,219	
Body Comfort	8,145	

Propustnost vodních par W_d [g/m²*Pa*<i>hod</i>]	Vrchový materiál	Kombinace vrstvení vrchového materiálu
Toray 3v	0,15067	0,08523
GoreTex 2v	0,20088	0,10878
GoreTex 3v	0,13724	0,08573
SymapaTex 2v	0,18063	0,07838
SymapaTex 2,5v	0,09494	0,07485
SymapaTex 3v	0,11122	0,07952
Polymax 2v	0,17363	0,07787
Polartec a Body Comfort	0,11778	
Polartec	0,18106	
Body Comfort	0,18270	

Graf odolnosti vůči vodním parám a propustnosti vodních par z přístroje SKIN MODEL



Příloha č. 6

Tabulka hodnot tlaku vodních par p_a ve vzduchu při různé teplotě okolí a různých relativních vlhkostech. Tabulka hodnot tlaku nasycené páry.

Počet stran: 2

Tabulka hodnot tlaku vodních par p_a ve vzduchu při různé teplotě okolí a různých relativních vlhkostech

t_v, t_{vlhk} (°C)	e (Pa)											
	30 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	95 %	98 %	99 %	100 %	100 %	100 %
0	188,6	213,3	239,9	266,0	306,6	333,2	273,2	389,9	426,6	499,2	546,5	612,2
5	266,0	306,6	346,6	373,2	426,6	466,6	386,6	559,9	613,2	693,2	756,5	866,4
10	359,9	426,6	479,9	533,2	613,2	666,6	719,2	786,6	839,2	939,2	1 039,1	1 226,4
12	413,2	479,9	533,2	586,6	666,6	719,2	786,6	839,2	892,6	992,6	1 092,6	1 356,2
14	466,6	533,2	586,6	639,9	719,2	786,6	839,2	892,6	946,0	1 046,0	1 146,0	1 409,6
16	533,2	586,6	639,9	693,2	786,6	839,2	892,6	946,0	999,4	1 099,4	1 199,4	1 462,6
18	586,6	639,9	693,2	746,6	839,2	892,6	946,0	999,4	1 052,8	1 152,8	1 252,8	1 515,6
20	639,9	693,2	746,6	799,9	892,6	946,0	999,4	1 052,8	1 106,2	1 206,2	1 306,2	1 578,6
22	746,6	799,9	853,2	906,6	999,4	1 052,8	1 106,2	1 159,6	1 213,0	1 313,0	1 413,0	1 641,2
24	853,2	906,6	959,9	1 013,2	1 106,2	1 159,6	1 213,0	1 266,4	1 319,8	1 419,8	1 519,8	1 704,2
26	959,9	1 013,2	1 066,6	1 119,9	1 213,0	1 266,4	1 319,8	1 373,2	1 426,6	1 526,6	1 626,6	1 811,2
28	1 119,9	1 173,2	1 226,6	1 279,9	1 373,2	1 426,6	1 479,9	1 533,2	1 586,6	1 686,6	1 786,6	1 971,2
30	1 279,9	1 333,2	1 386,6	1 439,9	1 533,2	1 586,6	1 639,9	1 693,2	1 746,6	1 846,6	1 946,6	2 131,2
32	1 439,9	1 493,2	1 546,6	1 599,9	1 693,2	1 746,6	1 799,9	1 853,2	1 906,6	2 006,6	2 106,6	2 291,2
34	1 639,9	1 693,2	1 746,6	1 799,9	1 893,2	1 946,6	1 999,9	2 053,2	2 106,6	2 206,6	2 306,6	2 491,2
36	1 799,9	1 853,2	1 906,6	1 959,9	2 053,2	2 106,6	2 159,9	2 213,2	2 266,6	2 366,6	2 466,6	2 651,2
38	1 959,9	2 013,2	2 066,6	2 119,9	2 213,2	2 266,6	2 319,9	2 373,2	2 426,6	2 526,6	2 626,6	2 811,2
40	2 119,9	2 173,2	2 226,6	2 279,9	2 373,2	2 426,6	2 479,9	2 533,2	2 586,6	2 686,6	2 786,6	2 971,2
42	2 279,9	2 333,2	2 386,6	2 439,9	2 533,2	2 586,6	2 639,9	2 693,2	2 746,6	2 846,6	2 946,6	3 131,2
44	2 479,9	2 533,2	2 586,6	2 639,9	2 733,2	2 786,6	2 839,9	2 893,2	2 946,6	3 046,6	3 146,6	3 331,2
46	2 679,9	2 733,2	2 786,6	2 839,9	2 933,2	2 986,6	3 039,9	3 093,2	3 146,6	3 246,6	3 346,6	3 531,2
48	2 879,9	2 933,2	2 986,6	3 039,9	3 133,2	3 186,6	3 239,9	3 293,2	3 346,6	3 446,6	3 546,6	3 731,2
50	3 079,9	3 133,2	3 186,6	3 239,9	3 333,2	3 386,6	3 439,9	3 493,2	3 546,6	3 646,6	3 746,6	3 931,2

Tabulka hodnot tlaku nasycené páry

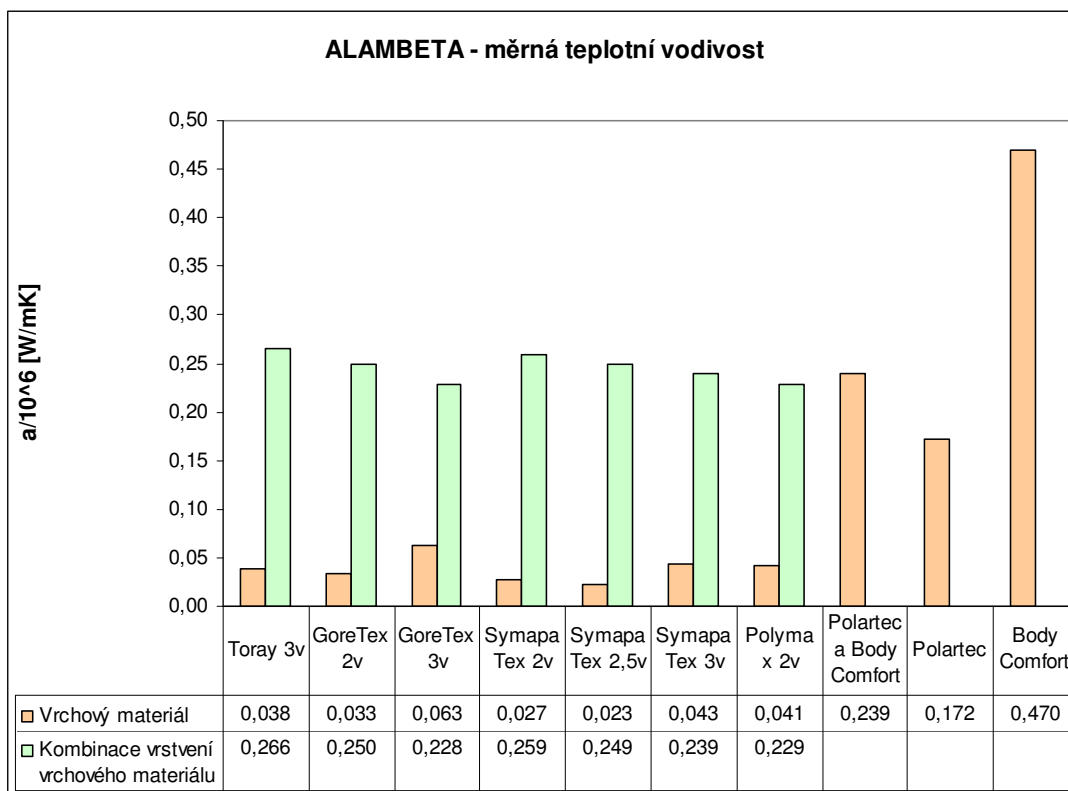
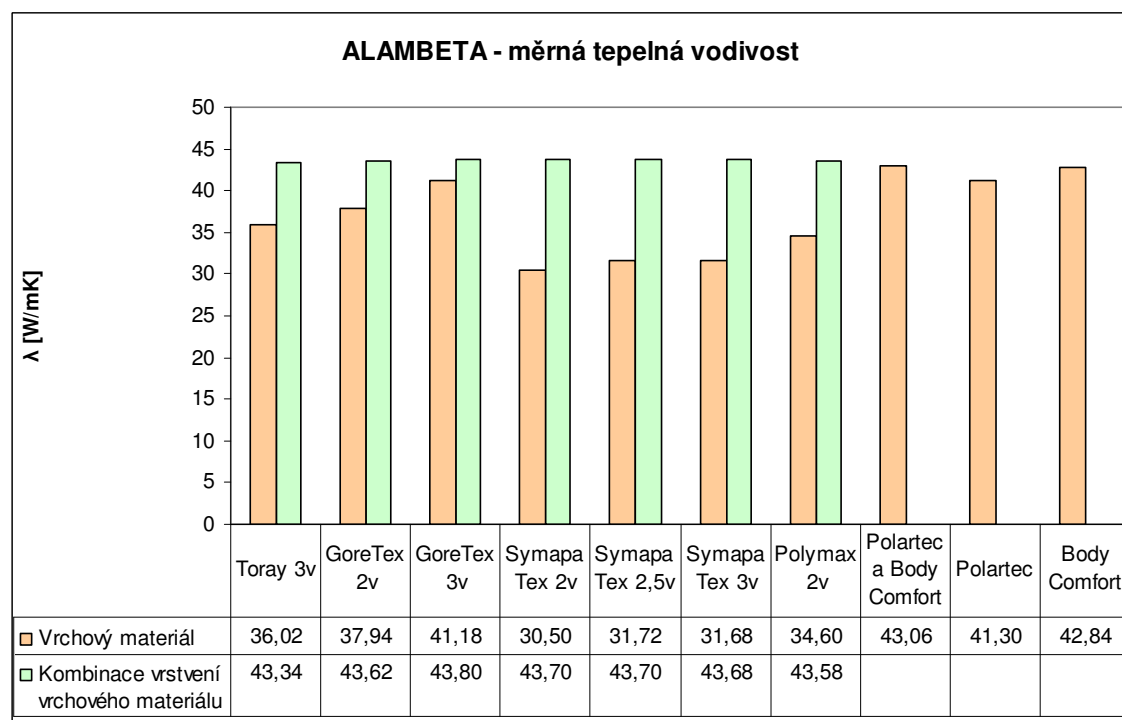
Příloha č. 15: Tabulka nasyceného vlhkého vzduchu.

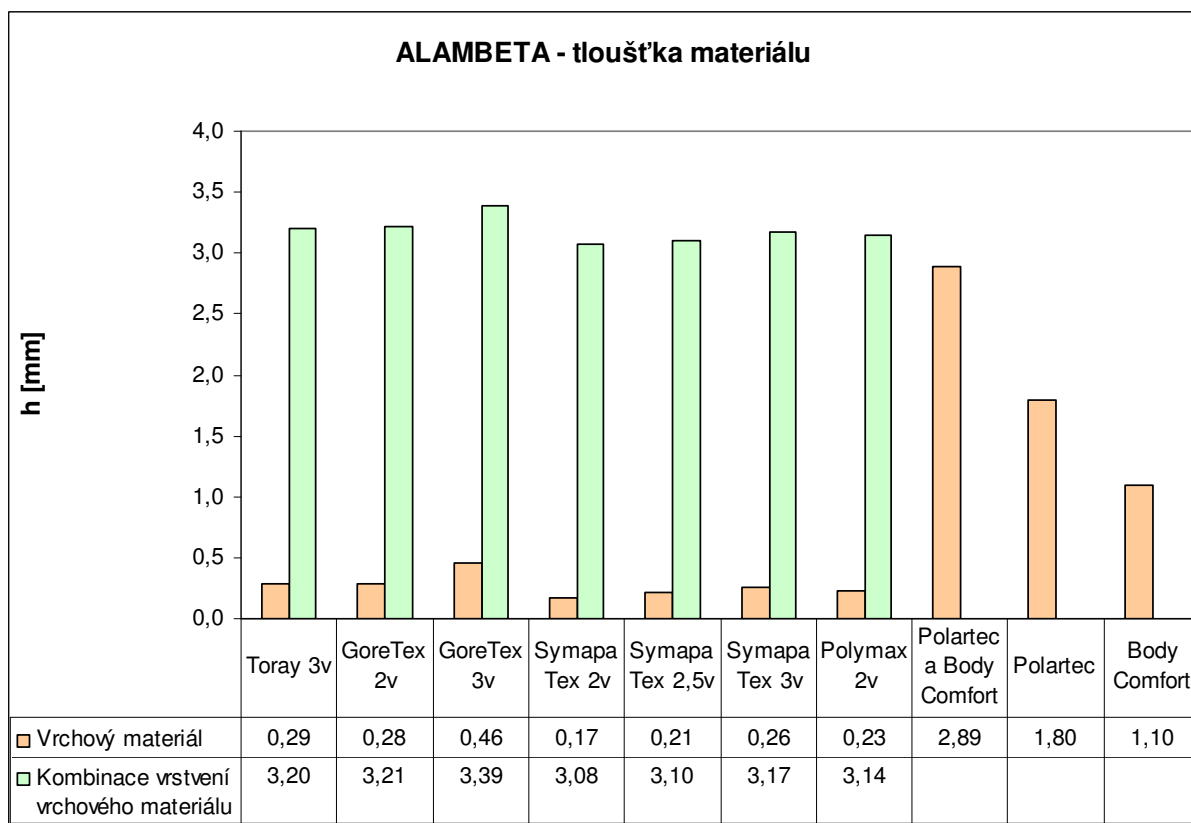
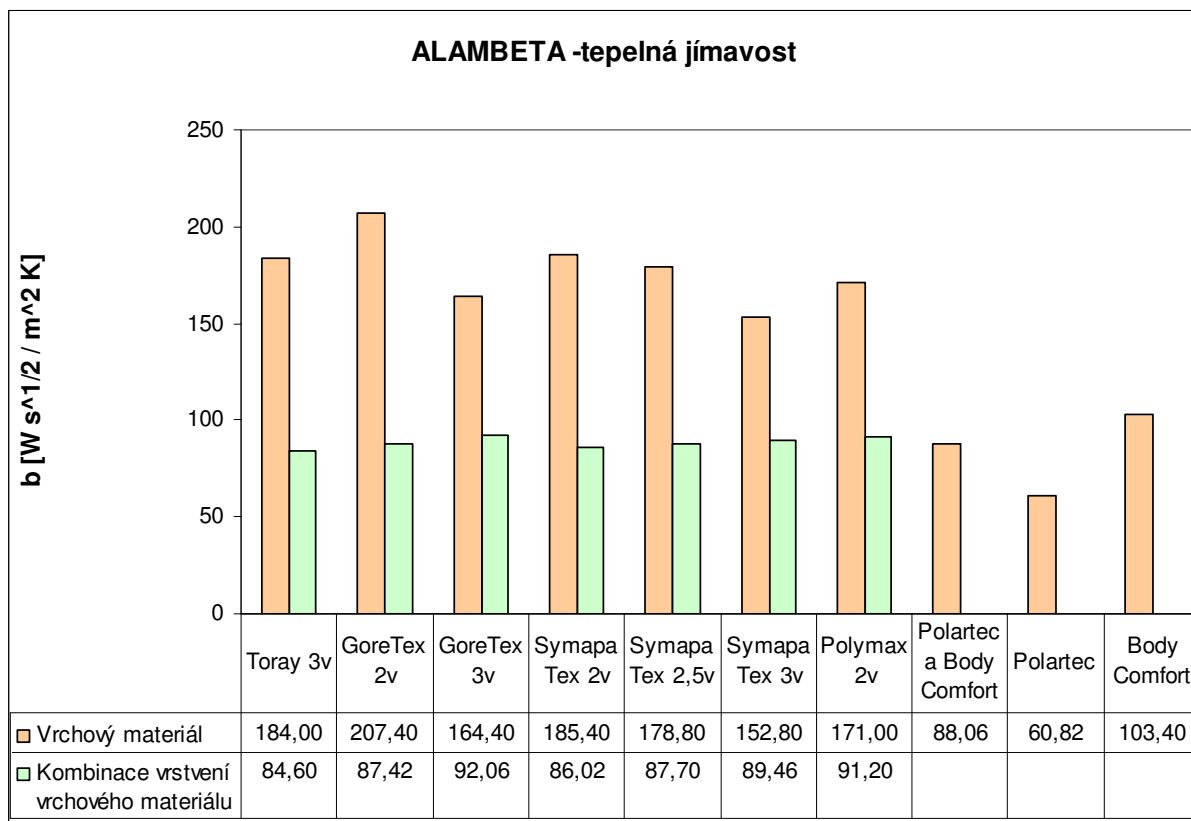
t (°C)	p'' (hPa)	ϕ'' (g.m ⁻³)	t (°C)	p'' (hPa)	ϕ'' (g.m ⁻³)	t (°C)	p'' (hPa)	ϕ'' (g.m ⁻³)
-20	0,1038	0,889	9	1,148	8,815	38	6,624	46,23
-19	0,1134	0,967	10	1,227	9,308	39	6,991	48,64
-18	0,1247	1,058	11	1,310	9,801	40	7,375	51,15
-17	0,1370	1,158	12	1,401	10,306	41	7,775	53,76
-16	0,1505	1,267	13	1,497	10,824	42	8,191	56,49
-15	0,1651	1,385	14	1,597	11,355	43	8,624	59,35
-14	0,1810	1,509	15	1,704	11,900	44	9,075	62,34
-13	0,1982	1,640	16	1,817	12,460	45	9,542	65,45
-12	0,2170	1,779	17	1,936	13,035	46	10,027	68,68
-11	0,2374	1,926	18	2,062	13,626	47	10,529	72,05
-10	0,2596	2,081	19	2,196	14,233	48	11,048	75,57
-9	0,2834	2,244	20	2,337	14,857	49	11,584	79,23
-8	0,3096	2,427	21	2,485	15,498	50	12,137	83,02
-7	0,3377	2,627	22	2,641	16,157	51	12,707	86,94
-6	0,3682	2,845	23	2,805	16,834	52	13,294	91,07
-5	0,4012	3,078	24	2,977	17,529	53	13,898	95,40
-4	0,4369	3,314	25	3,157	18,242	54	14,519	100,0
-3	0,4756	3,562	26	3,345	18,973	55	15,157	104,9
-2	0,5173	3,821	27	3,541	19,723	56	15,812	110,1
-1	0,5624	4,094	28	3,745	20,492	57	16,484	115,6
0	0,6118	4,382	29	3,957	21,280	58	17,173	121,3
1	0,6655	4,685	30	4,177	22,088	59	17,880	127,2
2	0,7234	4,994	31	4,405	22,916	60	18,605	133,3
3	0,7854	5,319	32	4,641	23,764	61	19,348	139,6
4	0,8519	5,659	33	4,885	24,633	62	20,109	146,1
5	0,9218	6,015	34	5,137	25,523	63	20,888	152,8
6	0,9946	6,387	35	5,397	26,435	64	21,685	159,7
7	1,0701	6,776	36	5,665	27,369	65	22,500	166,8
8	1,1472	7,181	37	5,941	28,325	66	23,333	174,1

Příloha č. 7

Grafické znázornění ostatních vlastností měřených na přístroji ALAMBETA

Počet stran: 2





Příloha č. 8

Výpočet hodnot z grafu přístroje PERMETEST a graf přístroje PERMETEST

Počet stran: 12

Výpočet hodnot z grafu přístroje PERMETEST

Toray 3v	1.	2.	3.	x
p_0 [mV]	0,6160	0,5720	0,5170	
p_1 [mV]	0,0352	0,0242	0,0264	
p [%]	5,177	4,231	5,106	5,017

GoreTex 2v	1.	2.	3.	x
p_0 [mV]	0,5170	0,5302	0,4884	
p_1 [mV]	0,0572	0,0484	0,0572	
p [%]	11,064	9,129	11,712	10,635

GoreTex 3v	1.	2.	3.	x
p_0 [mV]	0,4400	0,4070	0,3960	
p_1 [mV]	0,0308	0,0297	0,0264	
p [%]	7,000	7,297	6,667	6,988

SymapaTex 2v	1.	2.	3.	x
p_0 [mV]	0,3960	0,3960	0,4180	
p_1 [mV]	0,0242	0,0220	0,0220	
p [%]	6,111	5,556	5,263	5,643

SymapaTex 2,5v	1.	2.	3.	x
p_0 [mV]	0,4598	0,5060	0,4928	
p_1 [mV]	0,0132	0,0220	0,0198	
p [%]	2,871	4,348	4,018	3,746

SymapaTex 3v	1.	2.	3.	x
p_0 [mV]	0,3740	0,3872	0,4268	
p_1 [mV]	0,0066	0,0132	0,0110	
p [%]	1,765	3,401	2,577	2,581

Polymax 2v	1.	2.	3.	x
p_0 [mV]	4378,0000	0,4158	0,4422	
p_1 [mV]	0,0220	0,0242	0,0242	
p [%]	5,025	5,820	5,473	5,439

Vrstvy Toray 3v	1.	2.	3.	x
p ₀ [mV]	0,4158	0,4290	0,4565	
p ₁ [mV]	0,0440	0,0462	0,0495	
p [%]	5,263	4,712	2,325	4,100

Vrstvy GoreTex 2v	1.	2.	3.	x
p ₀ [mV]	0,4510	0,5016	0,4444	
p ₁ [mV]	0,2900	0,0198	0,0242	
p [%]	6,430	3,947	5,446	5,274

Vrstvy GoreTex 3v	1.	2.	3.	x
p ₀ [mV]	0,4884	0,4840	0,5346	
p ₁ [mV]	0,0220	0,0242	0,0352	
p [%]	4,505	5,000	6,580	5,362

Vrstvy SymapaTex 2v	1.	2.	3.	x
p ₀ [mV]	0,4664	0,3630	0,3630	
p ₁ [mV]	0,0198	0,0060	0,0154	
p [%]	4,245	1,818	4,242	3,435

Vrstvy SymapaTex2,5v	1.	2.	3.	x
p ₀ [mV]	0,3850	0,3762	0,3850	
p ₁ [mV]	0,0110	0,0044	0,0066	
p [%]	2,857	1,170	1,714	1,914

Vrstvy SymapaTex 3v	1.	2.	3.	x
p ₀ [mV]	0,5588	0,6204	0,6160	
p ₁ [mV]	0,0066	0,0088	0,0154	
p [%]	1,181	1,418	2,500	1,700

Vrstvy Polymax 2v	1.	2.	3.	x
p ₀ [mV]	0,4400	0,4070	0,4290	
p ₁ [mV]	0,0198	0,0176	0,0176	
p [%]	4,500	4,300	4,103	4,301

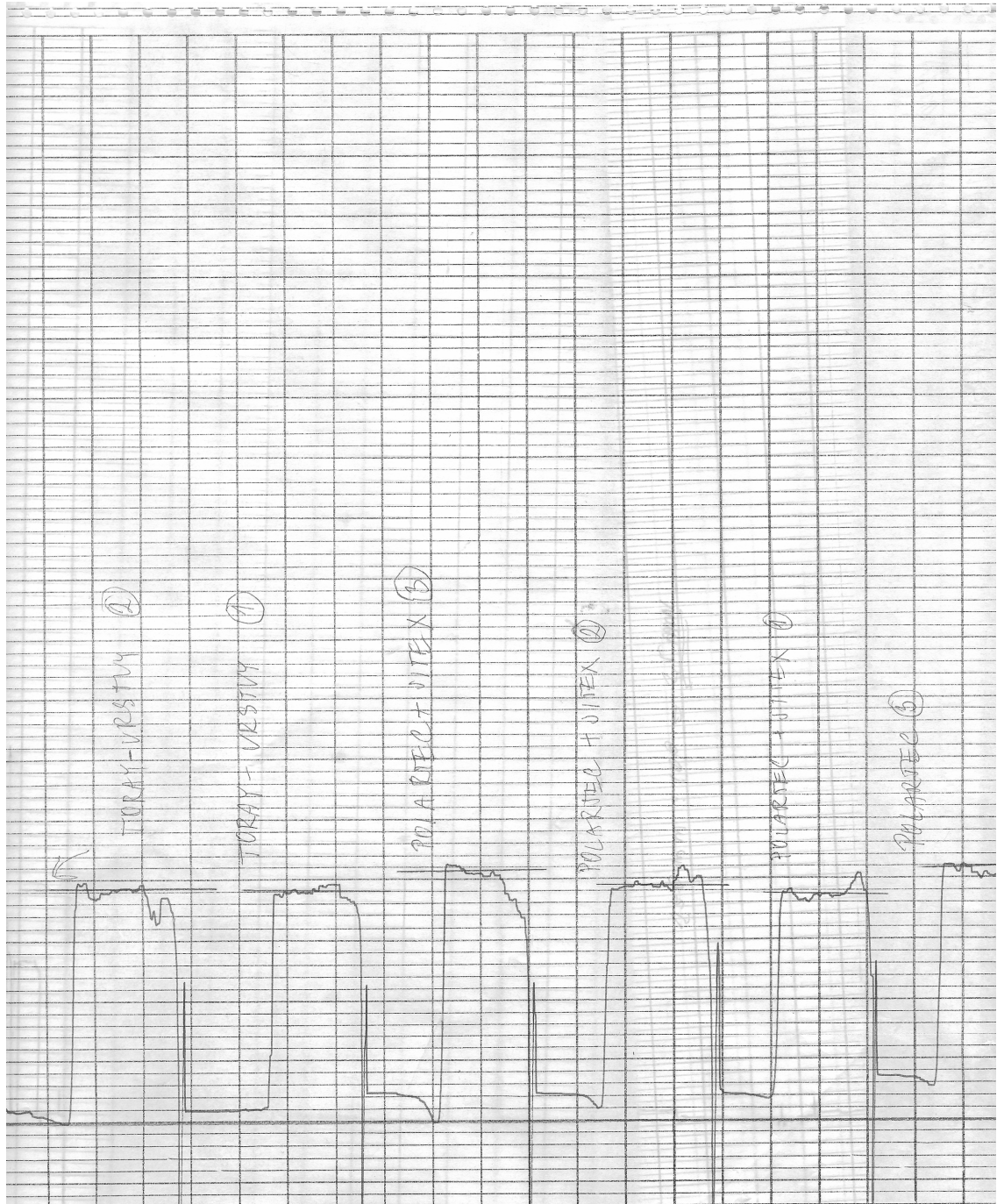
Polartec a B.Comfort	1.	2.	3.	x
p ₀ [mV]	0,4510	0,4235	0,4840	
p ₁ [mV]	0,1210	0,1375	0,1375	
p [%]	26,829	32,468	28,409	29,235

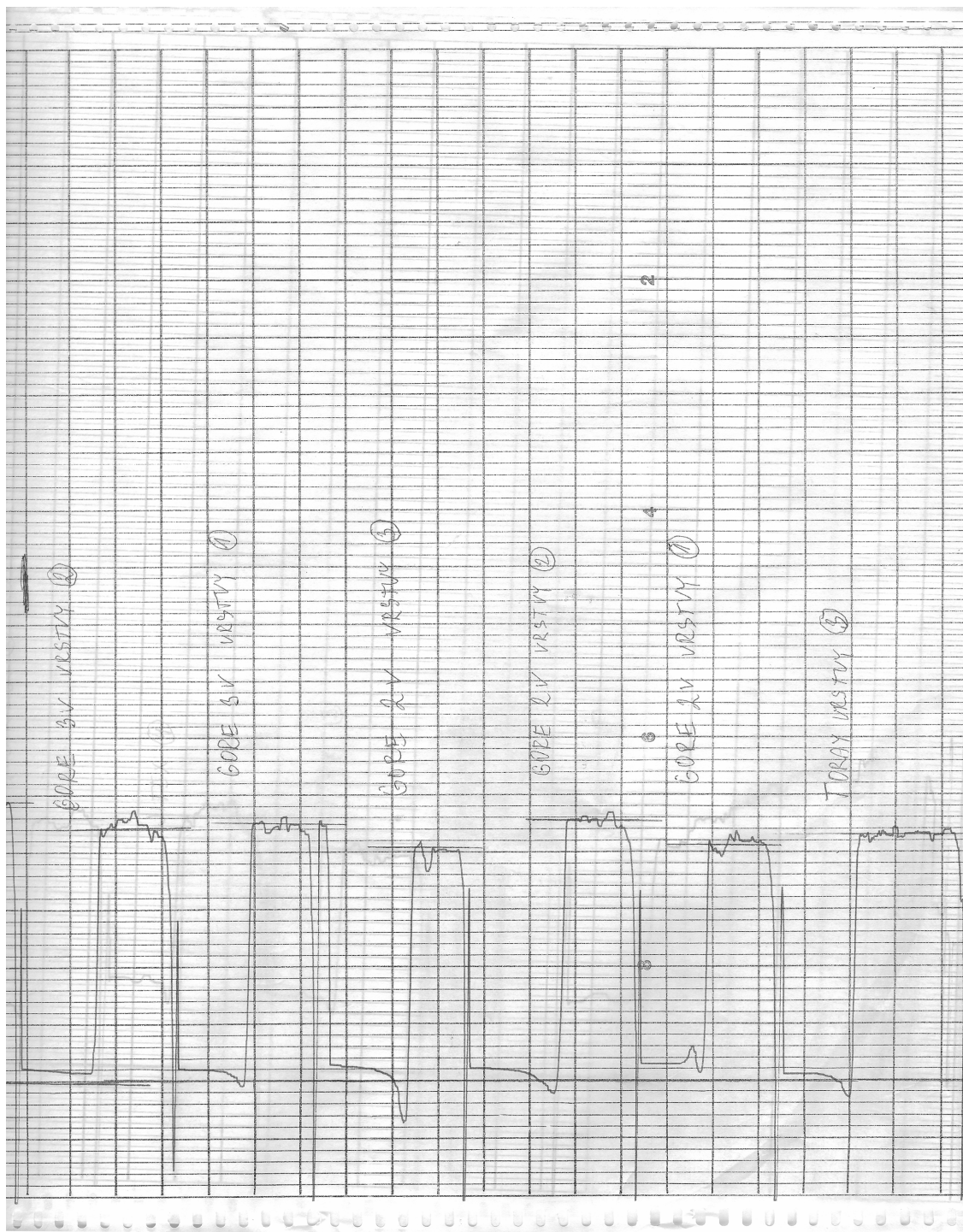
Polartec	1.	2.	3.	x
p ₀ [mV]	0,4664	0,4620	0,4158	
p ₁ [mV]	0,0924	0,1045	0,0825	
p [%]	19,810	22,619	19,841	20,757

Body Comfort	1.	2.	3.	x
p ₀ [mV]	0,4158	0,4290	0,4565	
p ₁ [mV]	0,0440	0,0462	0,0495	
p [%]	10,582	10,769	10,844	10,732

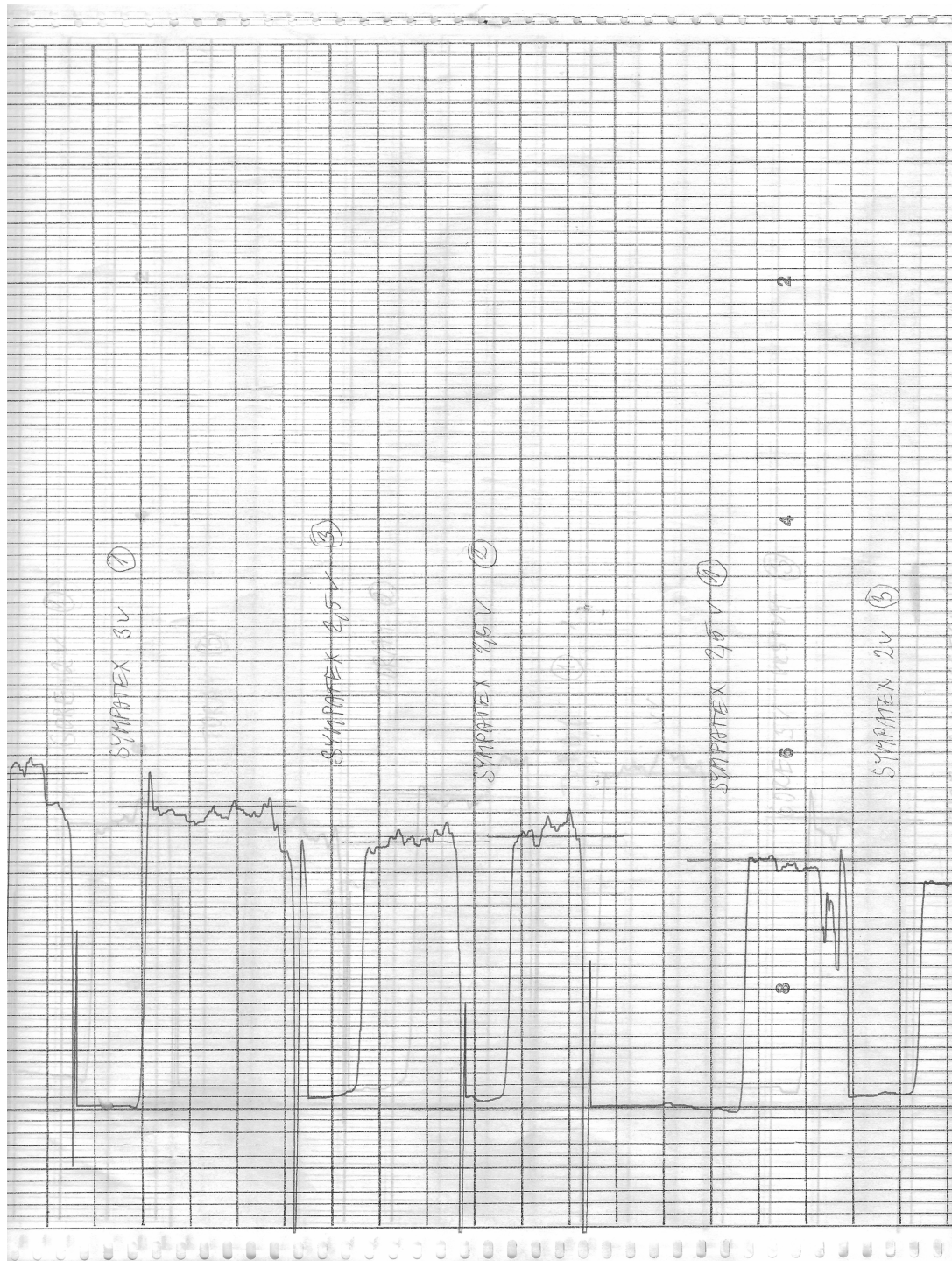
Poznámka: Propustnost vodních par byla vypočítána podle vzorce:

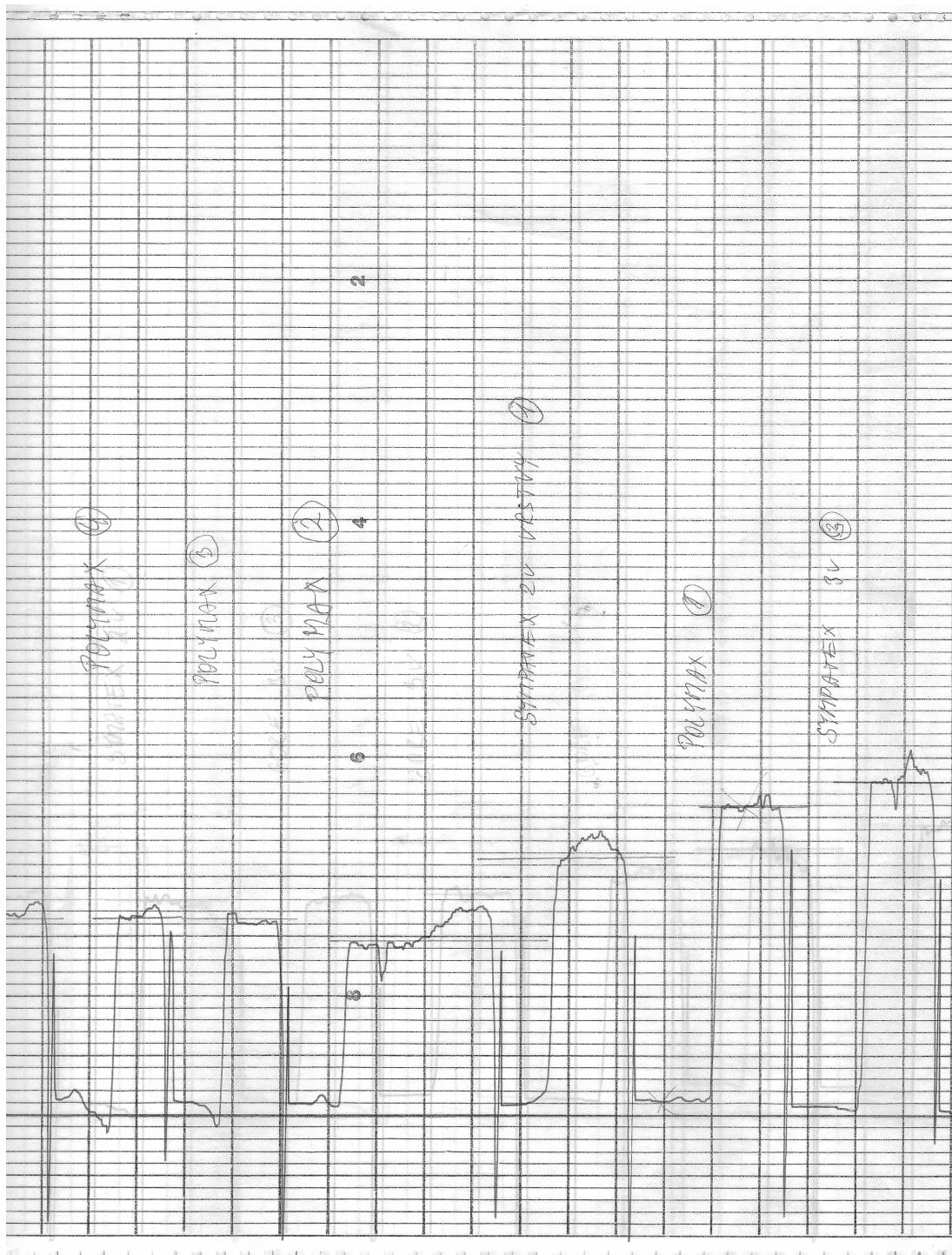
$$p = \frac{P_1}{P_0} * 100 \text{ [%]}$$

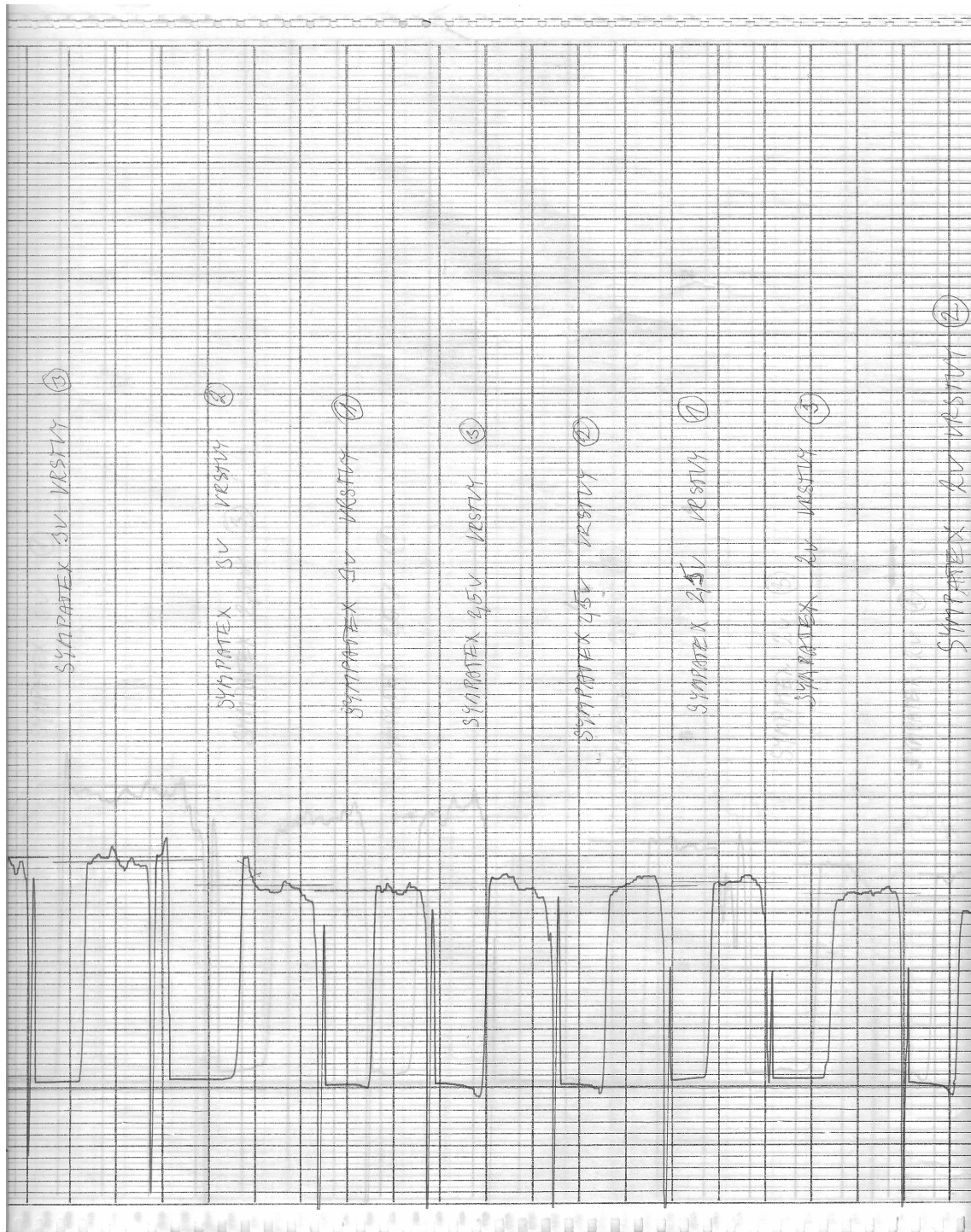


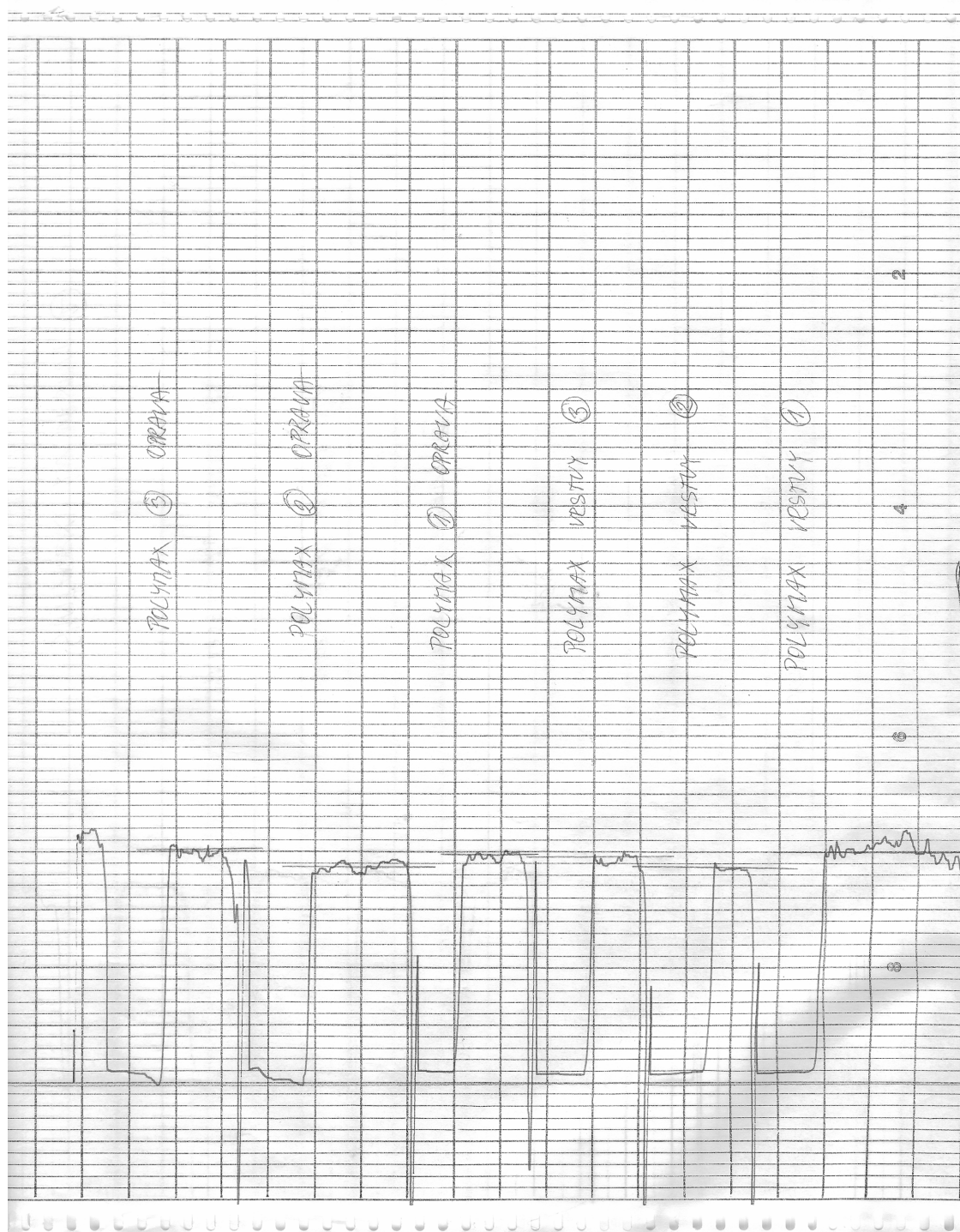












Příloha č. 9

- Norma ČSN EN ISO Textile – Zjišťování fyziologických vlastností - měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou).

Poznámka: Tato norma byla použita při měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám na přístroji SKIN MODEL. Dále byla použita při výpočtu reálných fyziologických vlastností – propustnosti vodních par při změně rozdílu parciálních tlaku v závislosti na relativní vlhkosti a teplotě okolí

Počet stran: 14

ČSN EN 31092 (80 0819)

	Textilie - Zjišťování fyziologických vlastností - měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou) (ISO 11092:1993)	ČSN EN 31092 80 0819
<p>Textiles - Determination of physiological properties - Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded - hotplate test) (ISO 11092:1993)</p> <p>Textiles - Détermination des propriétés physiologiques - Mesure des résistances thermiques et évaporatives en régime stationnaire (essai de la plaque chaude transpirante gardée) (ISO 11092:1993)</p> <p>Textilien - Prüfung bekleidungsphysiologischer Eigenschaften - Prüfung des Wärme- und Wasserdampfdurchgangswiderstandes unter stationären Bedingungen (sweating guarded - hotplate test) (ISO 11092:1993)</p> <p>Tato norma je identická s EN 31092:1993 a je vydána se souhlasem CEN, Rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles, Belgium.</p> <p>This standard is identical with EN 31092:1993 and is published with the permission of CEN, Rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles, Belgium.</p> <p>Národní předmluva</p> <p>Období mezinárodní, regionální a zahraniční normy</p> <p>ISO 11092:1993 Textiles - Physiological effects - Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded - hotplate test) (Textilie - fyziologické efekty - Měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou))</p> <p>Vypracování normy</p> <p>Zpracovatel: Výzkumný ústav textilního zkušebnictví, státní podnik, Dvůr Králové nad Labem, IČO 012980 - Květa Petrová</p> <p>Technická normalizační komise: TNK 31 TEXTIL</p> <p>Pracovník Českého normalizačního institutu: Ing. Eva Řeháková</p> <div data-bbox="820 1442 1283 1576"> <p>TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI UNIVERZITNÍ KNIHOVNA Norma zkopírována s povolením ČSN Číslo kopie: 1 Datum: 25. 11. 96 Zákaz komerčního využití nebo dalšího kopírování</p> </div> <p>© Český normalizační institut, 1996</p>		

EVROPSKÁ NORMA
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 31092

Prosinec 1993

MDT 677.074/077:620.1:677.017.87

Deskriptory: textiles, woven fabrics, physiological properties, thermal comfort, measurements, thermal resistance, water vapor tests

**TEXTILIE - ZJIŠŤOVÁNÍ FYZIOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ -
MĚŘENÍ TEPELNÉ ODOLNOSTI A ODOLNOSTI VŮČI VODNÍM PARÁM ZA STÁLÝCH PODMÍNEK
(ZKOUŠKA POČENÍ VYHŘÍVANOU DESIČKOU)
(ISO 11092:1993)**

Textiles - Determination of physiological properties - Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded - hotplate test)
(ISO 11092:1993)

Textiles - Détermination des propriétés physiologiques - Mesure des résistances thermiques et évaporatives en régime stationnaire (essai de la plaque chaude transpirante gardée)
(ISO 11092:1993)

Textilien - Prüfung bekleidungsphysiologischer Eigenschaften - Prüfung des Wärme- und Wasserdampfdurchgangs-widerstandes unter stationären Bedingungen (sweating guarded- hotplate test)
(ISO 11092:1993)

Tato evropská norma byla schválena CEN 1993-12-16. Členové CEN jsou povinni splnit Vnitřní předpisy CEN/CENELEC, v nichž jsou stanoveny podmínky, za kterých je třeba této evropské normě bez jakýchkoli změn dát status národní normy.

Aktualizované seznamy těchto národních norem s jejich bibliografickými odkazy lze obdržet na vyžádání u Ústředního sekretariátu nebo u kteréhokoliv člena.

Tato evropská norma existuje ve třech oficiálních verzích (anglické, francouzské, německé). Verze v jakémkoli jiném jazyku, přeložená členem CEN do jeho vlastního jazyka, za kterou tento člen zodpovídá a notifikuje ji Ústřednímu sekretariátu, má stejný status jako oficiální verze.

Členy CEN jsou národní normalizační orgány Belgie, Dánska, Finska, Francie, Irsko, Islandu, Itálie, Lucemburska, Německa, Nizozemska, Norska, Portugalska, Rakouska, Řecka, Spojeného království, Španělska, Švédska a Švýcarska.

CEN

Evropská komise pro normalizaci
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
Ústřední sekretariát: Rue de Stassart 36, B-1050 Brusel

Předmluva

Tato evropská norma je převzetím ISO 11092. Převzetí ISO 11092 bylo doporučeno CEN/TC 248 „Textilie a textilní výrobky“ pod jehož kompetenci bude napříště tato evropská norma spadat.

Tato evropské normě bude nejpozději do června 1994 udělen status národní normy, a to buď vydáním identického textu, nebo schválením k přímému používání, a národní normy, které jsou s ní v rozporu, budou zrušeny nejpozději do června 1994.

Podle Vnitřních předpisů CEN/CENELEC musí tuto evropskou normu převzít následující země: Belgie, Dánsko, Finsko, Francie, Irsko, Island, Itálie, Lucembursko, Německo, Nizozemsko, Norsko, Portugalsko, Rakousko, Řecko, Spojené království, Španělsko, Švédsko a Švýcarsko.

Oznámení o schválení

Text mezinárodní normy ISO 11092:1993 byl schválen CEN jako evropská norma bez jakýchkoli změn.

Úvod

ISO 11092 je první z řady norem v oblasti komfortu odívání. Fyzikální vlastnosti textilních materiálů, které přispívají k fyziologickému komfortu, zahrnují kombinaci přenosu tepla a hmoty. Každá se může vyskytovat separátně nebo obě společně. Jsou závislé na čase a mohou být brány v úvahu buď v ustáleném stavu nebo v měnících se podmínkách.

Tepelná odolnost je výsledek kombinace přenosu tepla sálavého, kondukčního a konvekčního. Jeho hodnota závisí na tom, jak každé z nich přispívá k celkovému přenosu tepla. Ačkoliv jde o vnitřní vlastnost materiálu, její naměřená hodnota se může měnit následkem podmínek při zkoušce, vlivem vzájemného působení složek, jako např. přenosu sálavého tepla a okolí.

Existuje několik metod, které je možné použít pro měření tepelných a vlhkostních vlastností textilií. Každá z nich je specifická pro jednu nebo další a její interpretace spočívá na určitých odhadech.

Horká destička pro zkoušku pocení (často označovaná jako „model kůže“), popisovaná v této normě je určena k napodobování procesů přenosu tepla a hmoty, ke kterým dochází u lidské kůže. Měření zahrnující jeden nebo oba procesy se mohou provádět buď separátně nebo za současného využití měnících se vnějších podmínek, zahrnujících kombinaci teploty, relativní vlhkosti, rychlosti proudění vzduchu v kapalně nebo plynné fázi. Naměřené hodnoty přenosu mohou tedy odpovídat rozdílným okolním podmínkám a podmínkám nošení jak v proměnlivých tak i v ustálených stavech. V této normě je zvolen ustálený stav.

1 Předmět normy

Tato norma stanoví metody pro měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám, v ustálených podmínkách, např. textilií, filmů, nátěrů, pěn a kůží, včetně vrstvených sestav, pro použití v odívání, prošívaných příkrývek, spacích pytlů, čalounění a podobných textilních nebo textilu podobných výrobků.

Použití této techniky měření je omezeno na maximální tepelnou odolnost a odolnost vůči vodním parám, které jsou závislé na rozměrech a konstrukci použitého zkušebního přístroje (např. $2 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ a $700 \text{ m}^2 \text{ Pa/W}$ každý samostatně, jako minimální specifikace zařízení uvedeného v této normě).

Zkušební podmínky používané v této normě nemají představovat specifické komfortní situace a nejsou stanoveny provozní specifikace vztahující se k fyziologickému komfortu.

2 Definice

Pro účely této normy platí následující definice:

2.1 tepelná odolnost, R_{ct} : rozdíl teplot mezi dvěma povrchy materiálu rozdělenými výsledným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu. Suchý tepelný tok může sestávat z jedné nebo více vodivých, konvekčních a sálavých komponent.

Tepelná odolnost R_{ct} , vyjádřená v $m^2 \cdot K/W$ je specifická vlastnost texturních plošných útvarů nebo kompozit, která určuje suchý tok tepla danou plochou v důsledku aplikovaného stacionárního gradientu teploty.

2.2 odolnost vůči vodním parám, R_{et} : rozdíl tlaku vodních par mezi dvěma povrchy materiálu, dělený výsledným výparným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu. Výparný tepelný tok se může skládat jak z rozptýlených, tak i z konvekčních složek.

Odolnost vůči vodním parám R_{et} , vyjádřená v $m^2 \cdot Pa/W$ je veličina specifická pro texturní materiály nebo kompozity, která je definována jako „latentní“ výparný tepelný tok procházející danou plochou, odpovídající ustálenému pozitivnímu tlakovému gradientu páry.

2.3 index propustnosti vodních par, i_{mf} : poměr tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám podle rovnice (1):

$$i_{mf} = S \cdot \frac{R_{ct}}{R_{et}} \quad \dots (1)$$

kde $S = 60 \text{ Pa/K}$;

i_{mf} je bezrozměrný a má hodnoty mezi 0 a 1; hodnota 0 znamená, že materiál nepropouští vodní páru, t.j. má nekonečnou odolnost vůči vodním parám a materiál s hodnotou 1 má tepelnou odolnost vůči vodním parám jako vrstva vzduchu shodné tloušťky.

2.4 propustnost vodních par, W_d : vlastnost texturního materiálu nebo kompozitu závislá na odolnosti vůči vodním parám a teplotě, stanovená podle rovnice (2):

$$W_d = \frac{1}{R_{et} \cdot \Phi T_m} \quad \dots (2)$$

kde ΦT_m je latentní teplo odpařování vody při teplotě měřicí jednotky T_m např. $0,672 \text{ W.h/g}$ při $T_m = 35^\circ \text{C}$.

Propustnost vodní páry je vyjádřena v $g/m^2 \cdot h \cdot Pa$.

3 Značky a jednotky

R_{ct}	tepelná odolnost v $m^2 \cdot K/W$;
R_{et}	odolnost vůči vodním parám v $m^2 \cdot Pa/W$;
i_{mf}	index propustnosti vodních par, bezrozměrný;
R_{ct0}	konstanta přístroje v $m^2 \cdot K/W$, pro měření tepelné odolnosti R_{ct} ;
R_{et0}	konstanta přístroje v $m^2 \cdot Pa/W$, pro měření tepelné odolnosti vůči vodním parám R_{et} ;
W_d	propustnost vodních par v $g/m^2 \cdot h \cdot Pa$;
ΦT_m	latentní teplo odpařování vody při teplotě T_m v $W \cdot h/g$;

A	plocha měřicí jednotky v m^2 ;
T_a	teplota vzduchu ve zkušebním prostoru v $^{\circ}C$;
T_m	teplota měřicí jednotky v $^{\circ}C$;
T_s	teplota tepelného chrániče v $^{\circ}C$;
p_a	parciální tlak vodní páry ve vzduchu v Pa ve zkušebním prostoru při teplotě T_a ;
p_m	nasyčený parciální tlak vodní páry v Pa na povrchu měřicí jednotky při teplotě T_m ;
v_a	rychlost proudění vzduchu nad povrchem zkušebního vzorku v m/s;
s_v	směrodatná odchylka rychlosti proudění vzduchu v_a v m/s;
$r.v.$	relativní vlhkost v %;
H	výhřevnost dodávaná měřicí jednotce ve W;
ΔH_c	korekce pro výhřevnost při měření tepelné odolnosti R_{et} ;
ΔH_v	korekce pro výhřevnost při měření odolnosti vůči vodním parám R_{et} ;
α	směrnice korekční přímky pro výpočet ΔH_c ;
β	směrnice korekční přímky pro výpočet ΔH_v .

4 Podstatata

Zkušební vzorek se umístí na elektricky vyhřívanou destičku a klimatizovaný vzduch proudí paralelně s jeho povrchem jak je popsáno v této normě.

Pro zjišťování tepelné odolnosti se měří tok tepla zkušebními vzorky po dosažení ustálených podmínek.

Technický popis v této normě stanoví tepelnou odolnost R_{et} materiálu tím, že tepelná odolnost mezní vzduchové vrstvy nad povrchem zkušebního zařízení se odečte od odporu zkušebního vzorku a vzduchové vrstvy, přičemž obě se měří za stejných podmínek.

Pro určení odolnosti vůči vodním parám je elektricky vyhřívaná pórezní destička zakrytá membránou, propouštějící vodní páry, ale nepropouštějící vodu. Voda přiváděná k vyhřívané destičce se odpařuje a prochází membránou ve formě páry, takže zkušební vzorek nepřijde s vodou do styku. U zkoušeného vzorku umístěného na membráně je tepelný tok, nutný pro zachování teploty na destičce mírou rychlosti vypařování vody a z toho se stanoví odolnost vzorku vůči vodním parám.

Technický popis v této normě stanoví odolnost vůči vodním parám R_{et} materiálu tím, že odolnost vůči vodním parám mezní vzduchové vrstvy nad povrchem zkušebního zařízení se odečte od odporu zkoušeného vzorku a mezní vzduchové vrstvy, přičemž obě se měří za stejných podmínek.

5 Zkušební zařízení

5.1 Měřicí jednotka s regulací teploty a přívodu vody

Měřicí jednotka s regulací teploty a přívodu vody sestává z kovové destičky o tloušťce přibližně 3 mm a s minimální plochou $0,04 m^2$ (např. čtverec o straně 200 mm) připevněná ke kovovému vodivému bloku s elektrickým ohřívacím elementem [viz obrázek 1, body (1) a (6)]. Pro měření odolnosti vůči vodním parám musí být kovová destička (1) pórovitá. Je obklopena tepelným chráničem [obrázek 2, bod (8)], který je umístěn v otvoru v měřicím stole (11).

Koeficient sálavého vyzařování povrchu destičky (1) musí být větší než 0,35 měřeno při $20^{\circ}C$ v rozmezí vlnové délky $8 \mu m$ až $14 \mu m$ a ve směru dopadu záření kolmo k povrchu kovové destičky a hemisférické reflexe.

Do přední části vyhřívaného bloku (6) vedou kanálky, které se dotýkají pórezní destičky, aby mohla být přiváděna voda z dávkovacího zařízení (5).

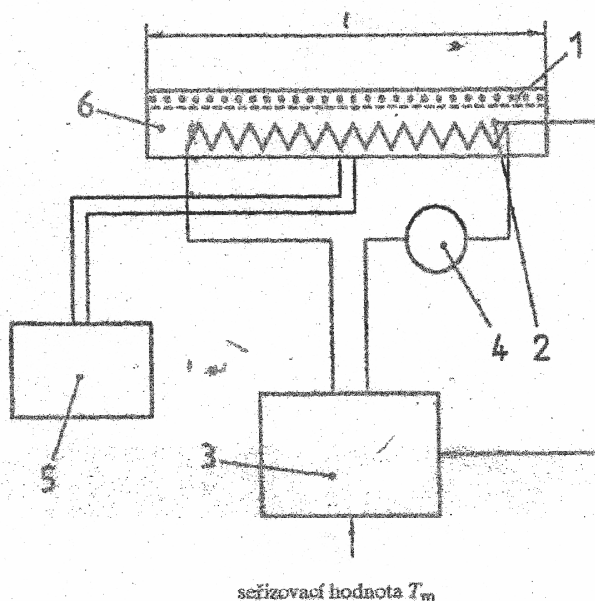
Poloha měřicí jednotky musí být vzhledem k měřicí destičce nastavitelná tak, aby povrch zkušebních vzorků na ní umístěných byl ve stejné rovině s měřicím stolem.

Tepelné ztráty z přívodu k měřicí jednotce nebo k zařízení pro měření její teploty musí být minimalizovány, např. vedením drátu co možná nejvíce podél vnitřní přední strany tepelného chrániče (8).

Regulátor teploty (3) obsahující teplotní čidlo měřicí jednotky (2) musí udržet povrchovou teplotu T_m měřicí jednotky (7) konstantní mezi $\pm 0,1$ K. Výhřevnost H musí být stanovitelná pomocí vhodného měřicího zařízení (4) v celém použitelném rozsahu mezi ± 2 %.

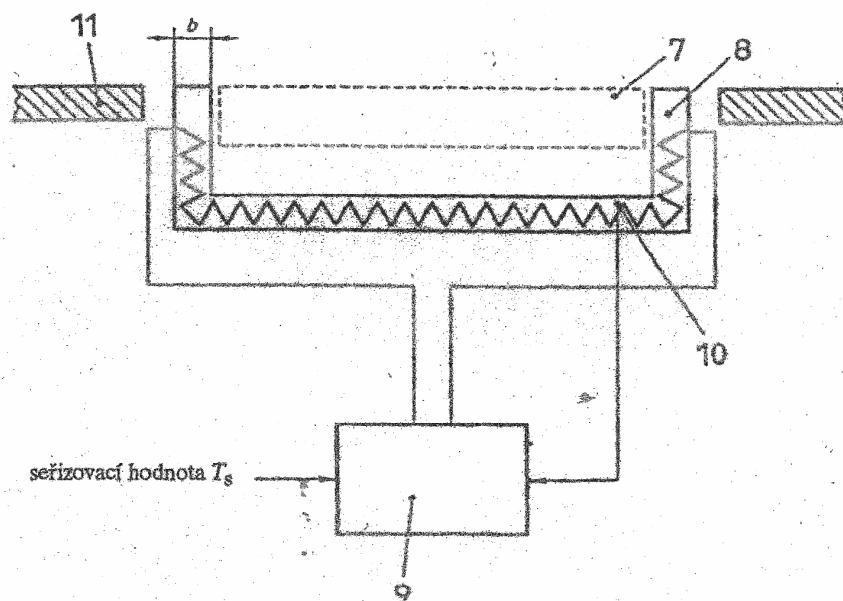
Voda je přiváděna k povrchu porézní kovové destičky (1) pomocí dávkovacího zařízení (5) jako je automatická byreta. Aby zůstala zachována konstantní rychlost odpařování, je dávkovací zařízení aktivováno spínačem hladiny, poklesne-li úroveň vody v destičce o více než přibližně 1 mm pod povrch destičky. Spínač hladiny je mechanicky připojen k měřicí jednotce.

Voda musí být před přiváděním k měřicí jednotce předehřáta na teplotu měřicí jednotky. Toho lze dosáhnout vedením vody trubkami tepelného chrániče před jejím vstupem do měřicí jednotky.



- | | |
|----------------------|-----------------------------------|
| 1. kovová destička | 4. vyhřívání měřicího zařízení |
| 2. teplotní čidlo | 5. dávkovací zařízení na vodu |
| 3. regulátor teploty | 6. kovový blok s topným elementem |

Obrázek 1 - Měřicí jednotka s kontrolou teploty a přívodu vody



- 7 měřicí jednotka podle 5.1
- 8 tepelný chránič
- 9 kontrola teploty
- 10 teplotní čidlo
- 11 měřicí stůl

Obrázek 2 - Tepelný chránič s kontrolou teploty

5.2 Tepelný chránič s regulací teploty

Tepelný chránič (obrázek 2, bod 8)) musí být z materiálu s vysokou tepelnou vodivostí, jak je typické pro kov a obsahovat elektricky vyhřívané elementy. Jeho funkcí je zabránit úniku tepla ze stran a ze spodní části měřicí jednotky (7).

Tloušťka b tepelného chrániče (obrázek 2) musí být minimálně 15 mm. Mezera mezi vrchní stranou tepelného chrániče a kovovou destičkou měřicí jednotky nesmí být větší než 1,5 mm.

Tepelný chránič může být vybaven porézní destičkou a dávkovacím systémem na vodu, podobným jako u měřicí jednotky, za účelem vytvoření vlhkostní ochrany.

Teplota tepelného chrániče T_s měřená teplotním čidlem (10) musí být udržována pomocí regulátoru (9) na stejné teplotě jako měřicí jednotka T_m v rozmezí $\pm 0,1$ K.

5.3 Zkušební prostor

Měřicí jednotka a tepelný chránič jsou zabudovány ve zkušebním prostoru, ve kterém jsou teplota a vlhkost okolního vzduchu regulovány.

Klimatizovaný vzduch musí být veden potrubím tak, aby proudil nad a paralelně s vrchním povrchem měřicí jednotky a tepelným chráničem. Výška vývodu potrubí nad měřicí jednotkou nesmí být menší než 50 mm.

Teplota tohoto proudící vzduchu T_a musí být regulována s přesností $\pm 0,1$ K po dobu zkoušky. Pro měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám jsou dostačující hodnoty pod $100 \text{ m}^2 \text{ Pa/W}$ s přesností $\pm 0,5$ K.

Relativní vlhkost (r.v.) tohoto proudu vzduchu musí být během doby měření regulována s přesností ± 3 % relativní vlhkosti (r.v.) vzduchu.

Tento proud vzduchu je měřen při teplotě vzduchu T_a 20 °C v bodě nad středem nezakryté měřicí jednotky ve vzdálenosti 15 mm nad měřicím stolem. V tomto bodě naměřená rychlost proudění v_a musí vykazovat střední hodnotu 1 m/s, přičemž odchylka během trvání zkoušky nesmí být větší než $\pm 0,05$ m/s.

Je důležité, aby proud vzduchu v tomto bodě měl určitý stupeň turbulence, vyjádřený variačním koeficientem rychlosti proudění s/v_a , mezi 0,05 a 0,1, měřený v intervalech přibližně 6 s po dobu nejméně 10 min na měřicím přístroji, který má časovou konstantu menší než 1 s.

6 Zkušební vzorky

6.1 Materiály o tloušťce ≤ 5 mm

Zkušební vzorky musí zcela zakrývat povrch měřicí jednotky a tepelného chrániče.

Z každého zkoušeného materiálu se musí vystříhnout a zkoušet nejméně tři vzorky.

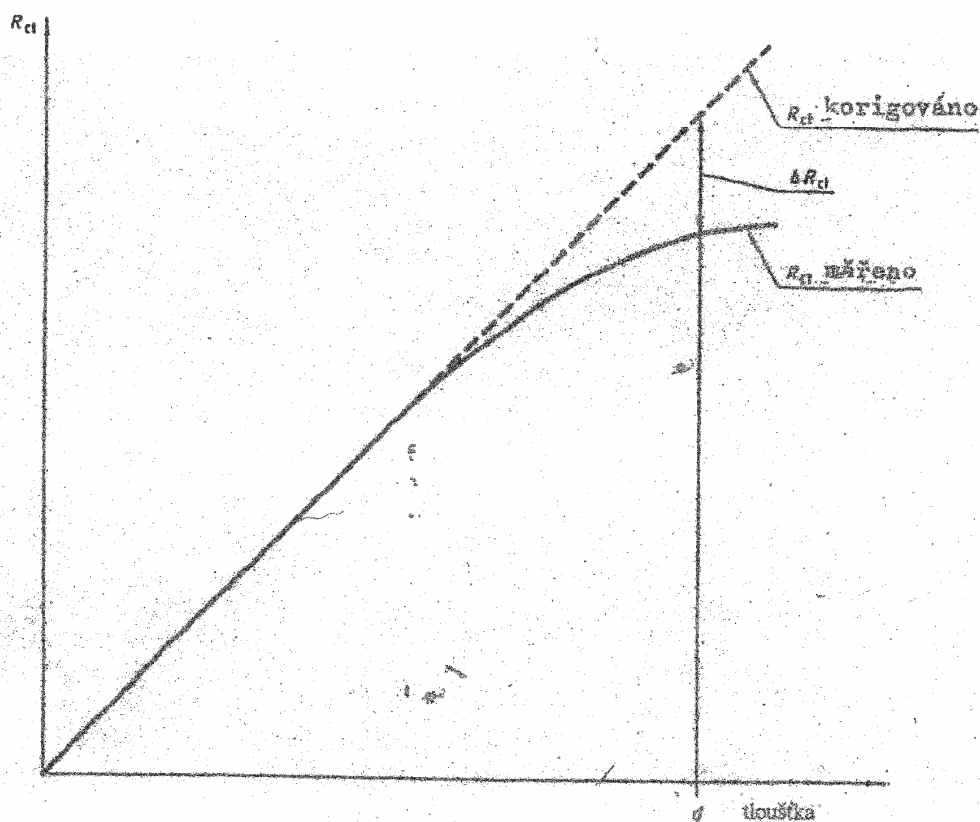
Vzorky musí být před zkoušením klimatizovány minimálně 12 h při teplotě a vlhkosti uvedené v 7.3 nebo 7.4.

6.2 Materiály o tloušťce > 5 mm

6.2.1 Vzorky spadající do této kategorie vyžadují speciální zkušební postup, aby se zabránilo co nejvíce tepelným ztrátám a úniku vodních par z jejich okrajů.

Při měření tepelné odolnosti jsou nutné korekce pro tepelné ztráty na okrajích v případě, že tloušťka vzorku je větší než přibližně dvojnásobek šířky b tepelného chrániče (viz obrázek 2). Odchylka od lineárního vztahu mezi tepelnou odolností a tloušťkou vzorku může být stanovena a korigována faktorem $[1 + (\Delta R_{ct} / R_{ct} \text{ naměřená})]$ při použití měření hodnoty R_{ct} pro několik tloušťek homogenního materiálu jako je pěna, až do celkové tloušťky d , odpovídající nejméně tloušťce zkušební vzorku (viz obrázek 3).

6.2.2 Jestliže tepelný chránič není vybaven porézní destičkou a dávkovacím systémem na vodu obdobně jako měřicí jednotka, musí být při měření odolnosti vůči vodním parám vertikální strany zkušebních vzorků obklopeny rámem nepropouštějícím vodní páru, jehož výška přibližně odpovídá měřené tloušťce zkušební vzorku v nezafixovaném stavu. Vnitřní rozměry rámu musí být na všech stranách shodné s rozměry pórovité destičky měřicí jednotky.



Obrázek 3 - Korekce tepelných ztrát z okrajů při měření tepelné odolnosti

6.2.3 Vzorky musí být před zkoušením klimatizovány nejméně 24 h při teplotě a relativní vlhkosti podle 7.3 nebo 7.4.

6.2.4 Vzorky obsahující volný výplňový materiál nebo mající nestejnou tloušťku, jako jsou prošívané deky a spací pytle, vyžadují speciální postup umístění, jak je popsáno v příloze A.

7 Postup zkoušky

7.1 Stanovení konstant přístroje

V hodnotách pro tepelnou odolnost a odolnost vůči vodním parám, měřených zařízeními popisovanými v této normě, jsou zahrnuty konstanty přístroje. Tyto konstanty zahrnují odolnost uvnitř vlastní měřicí jednotky a odolnost vzduchové mezní vrstvy, přiléhající k povrchu zkušebního vzorku. Ta druhá je závislá na rychlosti a stupni turbulence vzduchu proudícího nad zkušebním vzorkem.

Tyto konstanty přístroje R_{ce0} a R_{ef0} jsou určeny jako „hodnoty nezakryté destičky“ a je podstatné, že vrchní povrch měřicí jednotky je ve stejné rovině s měřicím stolem.

7.1.1 Stanovení R_{ct0}

Pro stanovení R_{ct0} se seřídí povrchová teplota měřicí jednotky T_m na 35 °C a teplota vzduchu T_a na 20 °C a relativní vlhkost r.v. na 65 %. Rychlost vzduchu v_a se seřídí na 1 m/s. Jakékoli odchylky od těchto hodnot mohou být v rozmezí uvedeném v části 5. Vyčká se, dokud se měřené veličiny (T_m , T_a , r.v., H) neustálí a potom se zaznamenají jejich hodnoty.

Odolnost nezakryté destičky R_{ct0} se stanoví podle rovnice (3).

$$R_{ct0} = \frac{(T_m - T_a) \cdot A}{H - \Delta H_c} \quad \dots (3)$$

kde ΔH_c je korekční údaj a stanoví se podle popisu v příloze B.

7.1.2 Stanovení R_{ct0}

7.1.2.1 Při stanovení R_{ct0} je povrch porézní destičky udržován neustále vlhký pomocí dávkovacího zařízení na vodu (5.1). Hladká celofánová membrána propouštějící vodní páry, ale nepropouštějící vodu, o tloušťce 10 µm až 50 µm musí být připevněna nad porézní destičkou.

Celofánová membrána musí být vlhčena destilovanou vodou a připevněna k měřicí destičce vhodnými prostředky tak, aby zůstala celá bez pomačkáni.

Voda přiváděná k měřicí destičce musí být destilovaná, nejlépe dvakrát a před použitím znovu převařená, aby neobsahovala plyn a aby se netvořily pod membránou vzduchové bubliny.

7.1.2.2 Povrchová teplota měřicí jednotky T_m a teplota vzduchu T_a se seřídí na 35 °C. Rychlost vzduchu v_a se seřídí na 1 m/s.

Relativní vlhkost r.v. vzduchu musí být konstantní 40 %, odpovídající parciálnímu tlaku vodních par p_a 2250 Pa. Parciální tlak vodních par p_m přímo na povrchu měřicí jednotky lze považovat za shodný s tlakem nasycené páry při teplotě tohoto povrchu, t. j. 5620 Pa, bez snížení přesnosti zkoušky.

Jakákoli odchylka výše uvedených hodnot T_m , T_a , v_a a r.v. musí být v rozmezí stanoveném v části 5. Vyčká se, dokud se měřené veličiny (T_m , T_a , r.v., H) neustálí a potom se zaznamenají.

7.1.2.3 Odolnost nezakryté destičky R_{ct0} je stanovena rovnicí (4).

$$R_{ct0} = \frac{(p_m - p_a) \cdot A}{H - \Delta H_c} \quad \dots (4)$$

kde ΔH_c je korekční údaj a je stanovený podle popisu v příloze B.

7.1.3 Referenční materiál

Použitelnost přístroje lze ověřit měřením předkalibrovaného materiálu pro tepelnou odolnost, např. referenčního materiálu pro tepelnou vodivost¹⁾.

7.1.4 Rekalibrace

Konstanty přístroje R_{ct0} a R_{ct10} se přezkouší v pravidelných intervalech. Kde jsou větší odchylky než dovoluje přesnost měřícího zařízení (viz kapitola 8), je třeba je znovu seříditi. Změna R_{ct0} nebo R_{ct10} je v mnoha případech způsobena odchylkou rychlosti vzduchu v_a nad povrchem zkoušeného vzorku. Rychlost vzduchu musí být proto kontrolována v pravidelných intervalech způsobem popsáným v 5.3.

Vzduchový proud (jak rychlost tak i stupeň turbulence) nad povrchem zkoušeného vzorku ovlivňuje odolnost mezí vrstvy, která přiléhá k vnějšímu povrchu vzorku a tím ovlivňuje výsledek zkoušky.

¹⁾ K dostání u Community Bureau of Reference, Rue de la Loi 2000, B-1049 Brusel, Belgie; druh č. CRM 064 A (rozměry 300 mm x 300 mm, tloušťka 33,5 mm, hustota 90,9 kg/m³, termální odolnost $R_{ct} = 1,092 \pm 0,015 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$).

7.2 Instalace zkušebních vzorků na měřicí jednotku

7.2.1 Kde je to vyhraženo, směr orientace zkušebních vzorků vzhledem k proudění vzduchu musí být definován a popsán ve zkušební zprávě.

Zkušební vzorky musí být umístěny tak, aby ležely rovně přes měřicí jednotku, se stranou, která v praxi pokrývá lidské tělo k měřicí jednotce. V případě vícenásobných vrstev, musí být vzorky sestaveny a složeny na měřicí jednotce tak jako na lidském těle. Lze použít přílnavý pásek, nepropouštějící vodní páry nebo rám z lehkého kovu, k upcynění krajů zkušebního vzorku.

Musí se zabránit bublinám a pomačkání zkušebního vzorku nebo vzduchovým mezerám mezi vzorkem a měřicí jednotkou nebo komponentami několika vrstev vzorku za předpokladu, že nejsou specifické pro profil povrchu vzorku.

7.2.2 Běžné zkušební vzorky jsou měřeny bez napínání nebo zatížení, v případě více vrstev bez vzduchových mezer mezi vrstvami. Je-li zkouška prováděna při napětí nebo při tlaku nebo se vzduchovými mezerami, musí to být uvedeno v protokolu o zkoušce.

7.2.3 U vzorků o tloušťce větší než 3 mm musí být měřicí jednotka snížena, aby povrch vzorku byl ve stejné rovině s měřicím stolem.

7.3 Měření tepelné odolnosti R_{ct}

7.3.1 Seřídí se teplota povrchu měřicí jednotky T_m na 35 °C a teplota vzduchu T_a na 20 °C s relativní vlhkostí r.v. 65 %. Rychlost vzduchu v_a se seřídí na 1 m/s. Jakékoli odchylky od těchto hodnot musí být v rozmezí stanoveném v části 5.

Mohou se použít jiné podmínky teploty T_m , relativní vlhkosti r.v. a rychlosti vzduchu v_a . V protokolu o zkoušce musí být odlišné podmínky popsány a musí být uvedeno, že výsledky se mohou lišit od výsledků prováděných za podmínek podle této normy.

Po umístění zkušebního vzorku na měřicí jednotku je třeba vyčkat, až se měřené veličiny ustálí (T_m , T_a , r.v., H) a potom se zaznamenají jejich hodnoty.

7.3.2 Tepelná odolnost R_{ct} se vypočítá podle rovnice (5).

$$R_{ct} = \frac{(T_m - T_a)}{H - \Delta H_c} - R_{ct0} \quad \dots (5)$$

Značky a jednotky jsou definovány v kapitole 3.

Tepelná odolnost R_{ct} zkoušeného materiálu se vypočítá jako aritmetický průměr jednotlivých měření.

7.4 Měření odolnosti vůči vodním parám R_{et}

7.4.1 Pro měření odolnosti vůči vodním parám se musí nad povrchem měřicí jednotky připevnit celofánová membrána, propouštějící vodní páry, ale nepropouštějící vodu jak je popsáno v 7.1.2.

7.4.2 Teplota měřicí jednotky T_m a vzduchu T_a se seřídí na 35 °C při relativní vlhkosti (r.v.) 40 %. Rychlost vzduchu v_a se seřídí na 1 m/s. Jakékoli odchylky od těchto hodnot musí být v rozmezí podle kapitoly 5.

Tyto izotermické podmínky zabraňují kondenzaci vodních par uvnitř zkušebního vzorku.

Mohou být použity jiné podmínky relativní vlhkosti r.v. a rychlosti proudění vzduchu v_a . V protokolu o zkoušce musí být odlišné podmínky popsány a musí být uvedeno, že výsledky se mohou lišit od výsledků prováděných za podmínek podle této normy.

Jestliže se teplota vzduchu T_a mění, zkouška není izotermická a tuto normu není možné dále použít.

Po umístění zkušební vzorku na měřicí jednotku je třeba vyčkat, až se měřené veličiny ustálí (T_m , T_a , i.v., H) a potom se zaznamenají jejich hodnoty.

7.4.3 Odolnost vůči vodním parám R_{et} se vypočítá podle rovnice (6).

$$R_{et} = \frac{(p_a - p_s) \cdot A}{H - \Delta H_s} \quad \dots (6)$$

Značky a jednotky jsou definovány v kapitole 3.

Odolnost vůči vodním parám R_{et} zkoušeného materiálu se vypočítá jako aritmetický průměr jednotlivých měření.

8 Shodnost výsledků

8.1 Opakovatelnost

Pro tepelnou odolnost R_{et} bylo zjištěno, že přesnost opakovaných měření stejných vzorků s hodnotami do $50 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ je $3,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ při měření jednotlivých vrstev tkanin. U hodnot R_{et} vyšších než $50 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ bylo zjištěno, že přesnost je 7 % při měření na pěnách.

Pro odolnost vůči vodním parám R_{et} bylo zjištěno, že přesnost opakovaných měření stejných vzorků s hodnotami do $10 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$ je nižší než $0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$ při měření jednotlivých vrstev tkanin. U hodnot R_{et} vyšších než $10 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$ bylo zjištěno, že přesnost je 7 % při měření na pěnách.

8.2 Reprodukovatelnost

Při mezilaboratorní zkoušce s použitím tří vzorků pěnového materiálu o tloušťce 3 mm, 6 mm a 12 mm, zkoušených ve čtyřech laboratořích, byly zjištěny průměrné směrodatné odchylky $6,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pro tepelnou odolnost R_{et} a $0,67 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$ pro odolnost vůči vodním parám R_{et} .

9 Protokol o zkoušce

Protokol o zkoušce musí obsahovat minimálně tyto následující údaje:

- odkaz na tuto normu;
- úplný popis zkoušeného materiálu;
- uspořádání zkušebních vzorků podle 7.2;
- počet zkušebních vzorků z každého materiálu a počet jednotlivých měření každého zkušební vzorku;
- zkušební ovzduší;
- aritmetický průměr hodnoty tepelné odolnosti;
a/nebo
- aritmetický průměr hodnoty odolnosti vůči vodním parám;
- podrobnosti o odchylkách od této normy;
- datum zkoušky.

Příloha A (normativní)

Postup upevnění vzorků obsahujících volný výplňový materiál nebo vzorků nestejně tloušťky

A.1 U vzorků obsahujících volný výplňový materiál nebo u vzorků nestejně tloušťky, jako jsou prošívané deky a spací pytle, je třeba vystříhnout nejméně tři vzorky, je-li to možné. Není-li to možné, musí se skutečný počet zkušebních vzorků uvést v protokolu o zkoušce. U kompozitních materiálů, jako jsou prošívané deky a spací pytle, které vlivem prošívání nemají stejnou tloušťku, je třeba připravit minimálně po dvou zkušebních vzorcích pro tepelnou odolnost a pro odolnost vůči vodním parám.

A.2 Tyto vzorky musí být umístěny do rámu přibližně shodné výšky jako vzorek v nezátžném stavu.

Při měření tepelné odolnosti R_{et} musí být vnitřní rozměry těchto rámců nejméně $(1 + 2b)$ (viz obrázek 1 a 2).

Pro měření odolnosti vůči vodním parám R_{et} musí být vnitřní rozměry těchto rámců na všech stranách shodné s rozměry porovnávací desičky měřicí jednotky.

A.3 Vyberou se dva vzorky tak, aby jeden měl nejvyšší možný počet prošívání a druhý nejnižší možný počet prošívání soustředěných na středové ploše.

Příloha č. 10

- Naměřené hodnoty vrstvených materiálu R_{et} a R_{ct} z přístroje SKIN MODEL

Počet stran: 11

▪

Naměřené hodnoty R_{ct} z přístroje SKIN MODEL

Protokol měření tepelné odolnosti:

Datum měření: 2.1.2006

Materiál: Polartec+Jitex

Vzorek:1

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 5,73 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,057 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Vzorek:2

$$T_m = 34,99 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 34,99 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 4,79 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,076 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Vzorek:3

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 4,96 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,071 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Protokol měření tepelné odolnosti:

Datum měření: 2.1.2006

Materiál: Polartec

Vzorek:1

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 6,00 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,047 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Vzorek:2

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 5,90 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,050 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Vzorek:3

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 6,19 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,045 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Protokol měření tepelné odolnosti:

Datum měření: 2.1.2006

Materiál: Jitex

Vzorek:1

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 8,34 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,016 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vzorek:2

$$T_m = 35,01 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,01 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 8,32 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,016 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vzorek:3

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 8,53 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,014 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Protokol měření tepelné odolnosti:

Datum měření: 2.1.2006

Materiál: Gore 3V

Vzorek:1

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 4,52 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,085 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vzorek:2

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 4,80 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,077 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vzorek:3

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 4,91 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,074 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Protokol měření tepelné odolnosti:

Datum měření: 5.1.2006

Materiál: Gore 2V

Vzorek:1

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 4,38 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,076 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vzorek:2

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 4,05 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,083 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vzorek:3

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 4,27 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,072 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Protokol měření tepelné odolnosti:

Datum měření: 5.1.2006

Materiál: Toray

Vzorek:1

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 3,56 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,095 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vzorek:2

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 3,80 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,083 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vzorek:3

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 3,89 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,079 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Protokol měření tepelné odolnosti:

Datum měření: 5.1.2006

Materiál: Sympatex 2V

Vzorek:1

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 4,03 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,074 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vzorek:2

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 3,86 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,080 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vzorek:3

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 3,92 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,076 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Protokol měření tepelné odolnosti:

Datum měření: 27.2.2006

Materiál: Sympatex2,5v

Vzorek:1

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 4,25 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,071 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vzorek:2

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 4,10 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,074 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vzorek:3

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 4,08 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,073 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Protokol měření tepelné odolnosti:

Datum měření: 27.2.2006

Materiál: Sympatex3v

Vzorek:1

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 3,96 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,075 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vzorek:2

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 4,08 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,071 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vzorek:3

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 3,92 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,076 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Protokol měření tepelné odolnosti:

Datum měření: 27.2.2006

Materiál: Polymax

Vzorek:1

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 3,72 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,082 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vzorek:2

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 3,81 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,078 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vzorek:3

$$T_m = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 3,82 \text{ W}$$

$$R_{ct} = 0,079 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Naměřené hodnoty vrstvených materiálu R_{et} z přístroje SKIN MODEL

Protokol měření odolnosti vůči vodním parám:

Datum měření: 5.12.2005

Materiál: Gore3V

Vzorek:2

$$T_m = 35,02 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,07 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = 35,01 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 9,30 \text{ W}$$

$$R_{et} = 18,258 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Vzorek:3

$$T_m = 34,97 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,08 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = 34,99 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 9,84 \text{ W}$$

$$R_{et} = 17,171 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Vzorek:1oprava

$$T_m = 35,01 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,02 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 10,89 \text{ W}$$

$$R_{et} = 16,646 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Protokol měření odolnosti vůči vodním parám:

Datum měření: 5.12.2005

Materiál: GORE2v

Vzorek:1

$$T_m = 34,98 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 34,98 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 13,69 \text{ W}$$

$$R_{et} = 12,463 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Vzorek:2

$$T_m = 34,98 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 34,99 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = 35,01 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 12,93 \text{ W}$$

$$R_{et} = 13,186 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Vzorek:3

$$T_m = 34,99 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_s = 35,04 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_a = 34,99 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$H = 11,14 \text{ W}$$

$$R_{et} = 15,253 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Protokol měření odolnosti vůči vodním parám:

Datum měření: 6.12.2005

Materiál: Toray

Vzorek:2

$$T_m = 35,03 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_s = 35,06 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_a = 35,01 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$H = 9,56 \text{ W}$$

$$R_{et} = 17,796 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Vzorek:3

$$T_m = 34,97 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_s = 35,01 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_a = 35,00 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$H = 10,01 \text{ W}$$

$$R_{et} = 16,987 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Vzorek:1opr

$$T_m = 35,08 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_s = 35,14 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_a = 35,01 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$H = 9,65 \text{ W}$$

$$R_{et} = 17,597 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Protokol měření odolnosti vůči vodním parám:

Datum měření: 6.12.2005

Materiál: Sympatex 2v

Vzorek:1

$$T_m = 35,03 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_s = 35,29 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_a = 35,01 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$H = 8,81 \text{ W}$$

$$R_{et} = 18,868 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Vzorek:3

$$T_m = 35,01 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_s = 35,10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_a = 35,00 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$H = 9,07 \text{ W}$$

$$R_{et} = 18,650 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Protokol měření odolnosti vůči vodním parám:

Datum měření: 2.3.2006

Materiál: Sympatex2v

Vzorek:2oprava

$$T_m = 35,01 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_s = 35,01 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_a = 35,01 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$H = 8,77 \text{ W}$$

$$R_{et} = 19,440 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Protokol měření odolnosti vůči vodním parám:

Datum měření: 6.12.2005

Materiál: Sympatex 2,5 V

Vzorek:1

$$T_m = 34,99 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_a = 35,00 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$H = 8,98 \text{ W}$$

$$R_{et} = 18,990 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Vzorek:3

$$T_m = 35,06 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_s = 35,03 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_a = 35,04 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$H = 9,06 \text{ W}$$

$$R_{et} = 18,878 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Protokol měření odolnosti vůči vodním parám:

Datum měření: 2.3.2006

Materiál: Sympatex 2,5v

Vzorek:2opr.2

$$T_m = 34,99 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_a = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 7,83 \text{ W}$$

$$R_{et} = 21,776 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Protokol měření odolnosti vůči vodním parám:

Datum měření: 8.12.2005

Materiál: Sympatex 3v

Vzorek:1

$$T_m = 34,98 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 34,99 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = 35,03 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 9,54 \text{ W}$$

$$R_{et} = 17,866 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Vzorek:2oprava

$$T_m = 35,02 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,02 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = 35,01 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 9,23 \text{ W}$$

$$R_{et} = 18,496 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Vzorek:3oprava

$$T_m = 34,99 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 34,99 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 8,62 \text{ W}$$

$$R_{et} = 19,778 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Protokol měření odolnosti vůči vodním parám:

Datum měření: 15.12.2005

Materiál: Polartec+Jitex

Vzorek:1

$$T_m = 34,98 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,12 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = 35,02 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 15,28 \text{ W}$$

$$R_{et} = 11,081 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Protokol měření odolnosti vůči vodním parám:

Datum měření: 15.12.2005

Materiál: Polartec+Jitex

Vzorek:2opr.

$$T_m = 35,02 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,19 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 12,08 \text{ W}$$

$$R_{et} = 13,941 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Protokol měření odolnosti vůči vodním parám:

Datum měření: 15.12.2005

Materiál: Polartec+Jitex

Vzorek:3oprava

$$T_m = 34,95 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,53 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = 35,02 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 12,74 \text{ W}$$

$$R_{et} = 12,880 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Protokol měření odolnosti vůči vodním parám:

Datum měření: 15.12.2005

Materiál: Polartec

Vzorek:2

$$T_m = 34,96 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,22 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = 34,99 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 22,48 \text{ W}$$

$$R_{et} = 7,513 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Vzorek:3

$$T_m = 35,01 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,08 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 19,27 \text{ W}$$

$$R_{et} = 8,825 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Protokol měření odolnosti vůči vodním parám:

Datum měření: 15.12.2005

Materiál: Polartec

Vzorek:1opr

$$T_m = 34,96 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 35,08 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = 34,98 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 20,40 \text{ W}$$

$$Ret = 8,320 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Protokol měření odolnosti vůči vodním parám:

Datum měření: 15.12.2005

Materiál: Jitex

Vzorek:1

$$T_m = 35,07 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_s = 35,40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_a = 35,02 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$H = 18,88 \text{ W}$$

$$Ret = 8,901 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Vzorek:2

$$T_m = 34,93 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_s = 35,88 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_a = 34,97 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$H = 21,63 \text{ W}$$

$$Ret = 7,596 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Vzorek:3

$$T_m = 34,97 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_s = 35,56 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_a = 35,00 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$H = 20,97 \text{ W}$$

$$Ret = 7,939 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Protokol měření odolnosti vůči vodním parám:

Datum měření: 2.3.2006

Materiál: Polymax

Vzorek:1

$$T_m = 35,00 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_a = 35,00 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$H = 8,97 \text{ W}$$

$$Ret = 19,025 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Vzorek:2

$$T_m = 35,00 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_s = 35,00 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_a = 35,01 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$H = 9,17 \text{ W}$$

$$R_{\text{et}} = 18,611 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

Vzorek:3

$$T_{\text{m}} = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{s}} = 35,01 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{a}} = 35,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H = 8,68 \text{ W}$$

$$R_{\text{et}} = 19,646 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$$

■